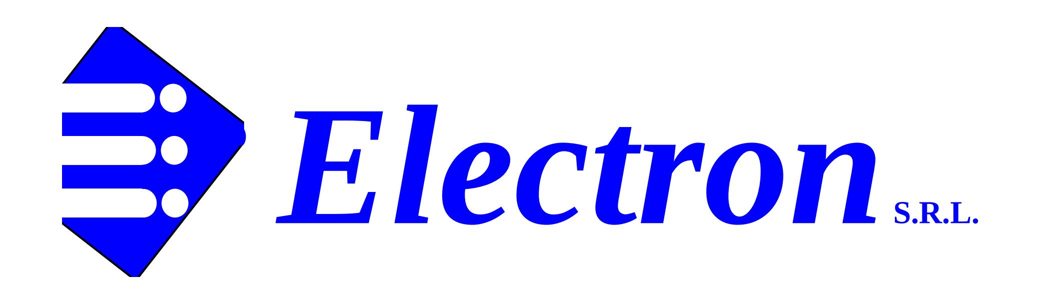



Design
Production &
Fourniture des
Equipements
Didactiques

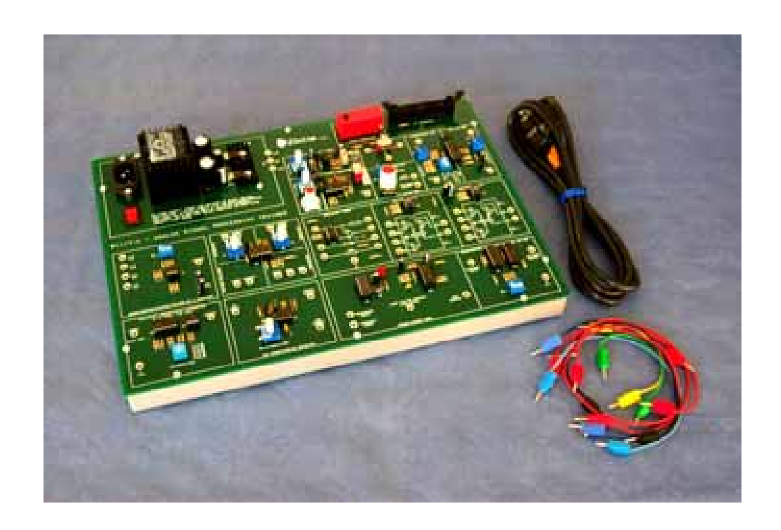
# Manuel d'instruction pour les étudiants

## B1117-C – FORMATION POUR LE TRAITEMENT D'UN SIGNAL ANALOGIQUE

Electron S.R.L. - *MERLINO - MILAN ITALY Tel (+ + 39 02) 90659200 Fax 90659180*
Web – www.electron.it , e-mail – electron@electron.it

B1117C STUD 10_09.DOC 10/2009

## Table de Matière



# CHAPITRE 1 – INTRODUCTION

## 1.1 L'appareil d'apprentissage B 1117-C

Le B 1117-C est un aide pédagogique complet réalisé dans une architecture modulaire et qui couvre des sujets importants dans le traitement analogique du signal électronique, variant des notions de base jusqu'à des exemples d'application avancée.

L'appareil se compose d'un ensemble de circuit sur une seule carte de grande taille. La face de la carte de circuit imprimé contient les composants et les dispositifs nécessaires aux expériences avec des indications sur leurs noms et symboles clairement imprimées en sérigraphie.

L'appareil se compose de ce qui suit :

- Un sommateur/soustracteur/multiplicateur par une constante
- Un atténuateur à préréglage numérique de 0 à 15dB, par intervalle de 1 dB
- Un intégrateur, dérivateur, comparateur, et moniteur de tension
- Des amplificateurs logarithmiques et anti logarithmiques
- 2 blocs de multiplication pour les opérations analogiques de multiplication, division, élévation à la puissance n, calcul des racines n, et modulation d'amplitude
- 1 générateur avec contrôle automatique/ block de détection de modulation d'amplitude
- 1 boucle à verrouillage de phase
- 1 diviseur de fréquence programmable

De plus, l'appareil inclut des fonctionnalités auxiliaires pour exécuter les expériences :

- Une alimentation +15/-15V stabilisée et protégée
- Un générateur de forme d'onde, produisant des ondes triangulaires ou sinusoïdales réglables en fréquence et niveau
- Un générateur à basse fréquence d'onde sinusoïdale
- Un générateur précis de courant continu fixe et variable
- Un commutateur de mesure

Les connections entre les blocs de circuits, ainsi que les connections à l'alimentation électrique et les appareils de mesures, se font par câbles enfichables (plug-in).

La grande taille de la carte de circuit permet à l'instructeur d'utiliser l'appareil pour des démonstrations en groupe.

L'appareil inclut aussi un système de simulation de pannes pour former les apprenants dans les techniques d'identification de panne. C'est ainsi que 8 situations de panne au total peuvent être activées par l'instructeur par le biais de micro-interrupteurs cachés sous un couvercle amovible. En plus de ce système manuel de simulation de panne, il est possible de simuler des pannes par le biais d'un ordinateur pourvu que l'on ait ajouté l'interface de simulation de panne B1178 qui est livrée avec un logiciel dédié.

Une autre option disponible est le poste de l'apprenant, le B1180-WS, qui fait partie du Laboratoire informatisé pour la formation en électronique. Le B1117-C est parfaitement compatible avec le poste de travail B1180-WS, ce qui permet d'avoir une gamme de fonctionnalités avancées supplémentaires allant de l'assimilation de panne par ordinateur, l'enseignement par ordinateur jusqu'à la gestion centralisée des cours à partir du poste de professeur.

Le B1117-C est fourni avec ses accessoires (un ensemble de câbles de branchement) et un manuel d'utilisation.

Ce qui suit est la liste d'instruments recommandés pour accompagner l'appareil d'apprentissage B117-C :

- Oscilloscope de double trace, 20MHz
- Multimètre numérique
- Compteur de fréquence

## 1.2 – Sécurité

L’apprenant doit être informé des procédures générales pour l’usage du laboratoire électronique avant de lui permettre d’utiliser le B1117-C. Plus particulièrement, les règles suivantes doivent être strictement suivies :

- Ne pas ouvrir le couvercle de l’arrière de l’appareil. Ceci expose l’utilisateur au danger des chocs électriques.

- En préparant une expérience, toujours s’assurer de ne pas dépasser le classement du composant et que les câbles sont bien branchés.

- Les composantes subissant une surcharge peuvent surchauffer et causer des risques de brulures et/ou de feu.

- Ne jamais laisser du matériel branché sans surveillance. Toujours s’assurer de débrancher l’appareil d’apprentissage lorsqu’il n’est pas en service.

- Au cours des expériences, faire toujours attention à l’odeur émise par des composantes surchauffées ou toute surchauffe anormale parmi les composantes. Dans ces cas, éteignez immédiatement l’appareil.

## CHAPITRE 2 - FONCTIONALITES D’UTILISATION GENERALE DE L’APPAREIL

Tous les blocks de circuits décrits ci-dessous figurent sur le diagramme 1 et sont détaillés dans les schémas de l’appareil dans une section ultérieure de ce manuel.

**1 – L’unité d’alimentation** : Cette unité fournit les sources de courant électrique du type +15V/-15V, stabilisées et protégées contre les court-circuits, nécessaires pour tous les blocks de circuits de l’appareil. L’appareil fonctionne sur courant alternatif de 220-240V, 50 à 60Hz. La connexion au secteur est protégée par un fusible de 100mA (T) situé sous le couvercle de l’arrière de l’appareil.

**2 – Le générateur d’onde sinusoïdale a basse fréquence** : Ceci est composé d’un oscillateur de déphasage comme première étape suivi d’un amplificateur/pilote à collecteur commun. Il produit une onde sinusoïdale d’amplitude variable (de 0 à 8Vpp) et fréquence fixe (autour de 270Hz). Le fonctionnement de ce générateur dépend du gain enregistré pendant l’étape de l’oscillateur, qui est réglable par P 13. Il est à noter qu’un gain excessif peut causer une distorsion dans l’onde de sortie alors qu’un manque de gain résulte en un manque d’amplitude, manque de stabilité et même l’absence totale d’oscillation. Un ajustage du condensateur P 13 devient nécessaire avec le temps suite au vieillissement de la composante et les décalages des composantes.

**3 - Le générateur de fréquence variable** : Ce block fournit une onde sinusoïdale ou triangulaire qu’on peut sélectionner dans la plage de fréquence autour de 60Hz à 50Hz. Le niveau de la fréquence de sortie est ajustable par P11. L’onde sinusoïdale est obtenue par un découpage non-linéaire de l’onde triangulaire et par conséquent n’est qu’une approximation d’une onde sinusoïdale parfaite. Ceci toutefois ne pose pas problème car la qualité de l’onde ainsi obtenue est plus que suffisante pour toutes les expériences prévues avec l’appareil d’apprentissage.

**4 – Le commutateur de mesure** : L’utilisation de ce dispositif permet de fréquemment déplacer un instrument (typiquement un voltmètre numérique) entre l’entrée et la sortie du circuit sous test.

**5 – Le générateur de courant continu** : une sortie fixe de courant continu de +10V est disponible. Le niveau est préréglé par P8. Une autre sortie est disponible, variant entre 0 et +10V, et qui peut être régler par le potentiomètre P9.

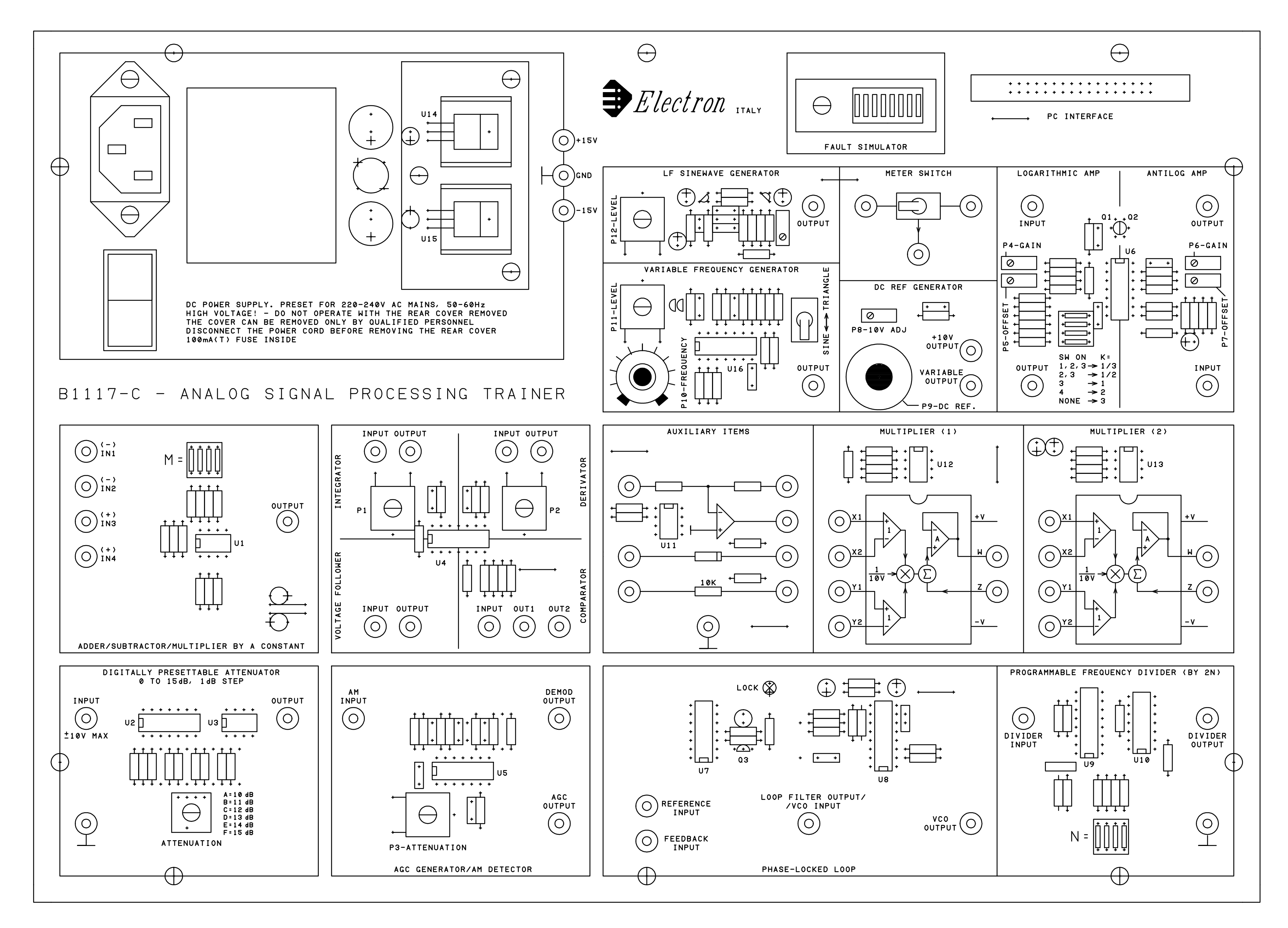



Fig.1 – Front view of the B1117-C trainer

## CHAPITRE 3 – LE SOMMATEUR / SOUSTRACTEUR / MULTIPLICATEUR PAR UNE CONSTANTE

Le schéma de ce block est montré sur la figure 1 alors que le diagramme du circuit sur trouve sur la figure 2. Il existe deux entrés inverseuses et deux entrées non-inverseuses. Le gain (multiplication par une constante) est déterminé en fixant l'un des micros commutateurs de SW1. Le gain est de 1, 2, 3, ou 4 selon le commutateur qui est fermé.

Note:
Un seul commutateur à la fois devrait être fermé. Au cas où plus d'un viendrait d'être fermés en même temps, le gain qui en résulte sera déterminé par le commutateur le plus bas.

Dans tous les cas, un seul commutateur devrait être opérationnel. Quand tous les commutateurs sont fermés, le second amplificateur opérationnel ne peut plus avoir de retour d'information et par conséquent devient saturé à approximativement +12V ou -12V.

Ce circuit peut être testé par l'entrée d'un signal continu ou alternatif, par exemple un courant continu à partir du générateur réf.0-10V et un courant alternatif à partir de la source LF de l'onde sinusoïdale.

## CHAPITRE 4 – LE BLOC INTEGRATEUR / DERIVATEUR / COMPARATEUR

### 4.1 – L'intégrateur

Voir la figure 1 représentant un amplificateur opérationnel avec un condensateur de contre-réaction**.**

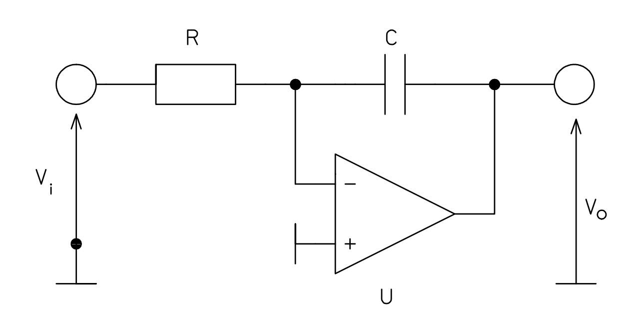



FIG.1 - THE INTEGRATOR

12CSF1

Supposons que C est initialement déchargé et qu'une tension positive est appliquée à l'entrée du circuit.
Comme (+) est mise à la terre et (-) est virtuellement mis à la terre, R chemine une entrée de courant continu égale à $V_i/R$.
Ce courant fait que la sortie de U a tendance à être négative. Dans ce cas, le condensateur C retourne un signal pour contrôler cette tendance.
Avec le temps, C se charge grâce au courant reçu via R. Le voltage du courant passant par C augmente linéairement vu que R est constant ; par conséquent le voltage à la sortie du circuit varie linéairement, avec une onde de forme de rampe.

Ce circuit d'un intégrateur est en réalité une bonne approximation d'un intégrateur idéal (inverseur). Il délivre une courbe rampée en réponse à une entrée constante, une parabole en réponse à une entrée rampée, et ainsi de suite. Il n'a que deux défauts : la saturation et la déviation.
La saturation réfère à ce que par exemple la rampe ne peut pas continuer indéfiniment.
La déviation veut dire que si l'entrée est maintenue à zéro Volt, on s'attend à une sortie d'amplitude constante, or au contraire, l'intégrateur continuera lentement à intégrer la baisse en tension, les fuites du condensateur, etc.… jusqu'à la saturation de sa sortie.

Pour tester ce circuit, on peut penser à appliquer une courbe carrée à son entrée et voir une courbe triangulaire à la sortie. Mais pour la raison mentionnée ci-dessus, le circuit commencerait assez rapidement à dévier jusqu' à saturation, sauf si l'on prenait des précautions particulières pour contrôler le cycle d'utilisation de la courbe carrée de l'entrée à fin de garder la sortie dans sa portée linéaire.
Il parait donc plus approprié d'étudier l'intégrateur comme étant une partie d'un circuit qui automatiquement performe des fonctions telles que la génération des ondes triangulaires détaillée dans le paragraphe suivant.

## 4.2 – Le générateur d’ondes triangulaire et carrée

Le circuit sous examen est représenté par la figure 2.

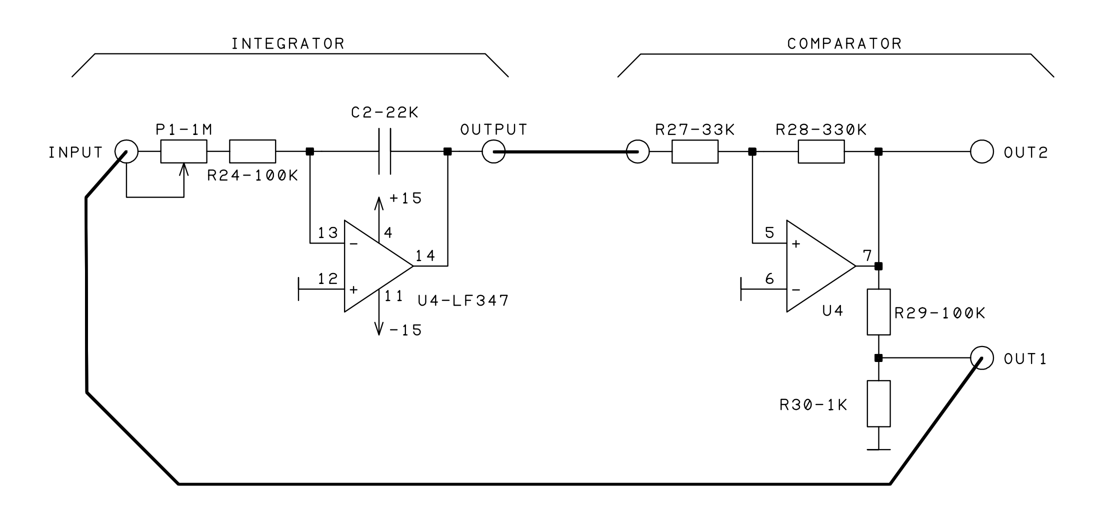



FIG.2 - THE TRIANGLE/SQUARE WAVE GENERATOR
17C3F2

Les caractéristiques de l’intégrateur ont été mentionnées dans le paragraphe précédent.

Un comparateur peut être considéré comme un amplificateur à contre-réactions positives. La sortie du comparateur change au niveau haut lorsque la tension à l’entrée devient positive et change au niveau bas lorsque la tension à l’entrée devient négative.
La différence dans les seuils de changement de l’"entrée (bas-à-haut et haut-à-bas) est l'hystérésis, déterminée par le rapport de R28 à R27.

Dans le schéma de la figure 2, la sortie du comparateur est connectée à l’entrée de l’intégrateur. Soit que le signal est positif à un moment donné : l’intégrateur initiera une onde rampée négative qui alimentera l’entrée (+) du comparateur via R27.
Lorsque l’entrée (+) atteint la valeur 0, le comparateur changera sa sortie à bas et le cycle continuera avec une onde rampée positive générée par l’intégrateur, et ainsi de suite.

La sortie de l’intégrateur apparait comme onde triangulaire.
Puisque la pente est retournée chaque fois que sa valeur de tension est suffisante pour causer le comparateur à commuer, il y a là un mécanisme inhérent pour éviter la saturation de l'intégrateur.

Le fonctionnement du circuit peut être étudié juste en installant le circuit comme dans Fig.3 et en étudiant avec l'oscilloscope les diverses formes d'onde autour de la boucle.
P1 permet de contrôler la pente de la rampe des intégrateurs et par conséquent la fréquence des formes d'onde.

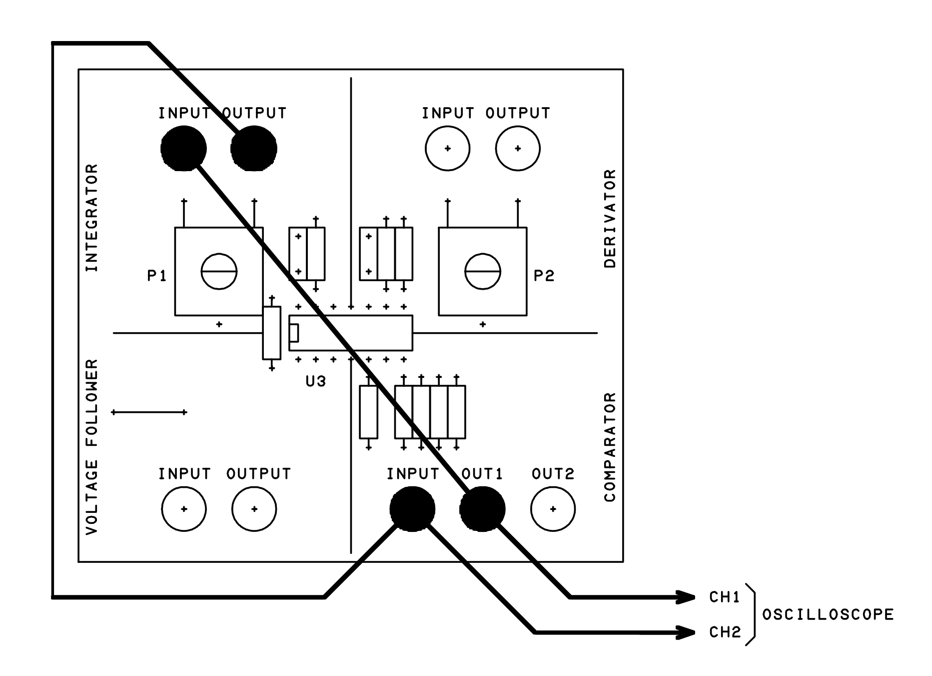



FIG.3 - STUDY OF THE WAVE GENERATOR
15C3F3

## 4.3 – Le dérivateur

Figure 4 représente les principes d'un dérivateur.

Ce circuit fournit un signal de sortie proportionnel au taux de changement du signal d'entrée.

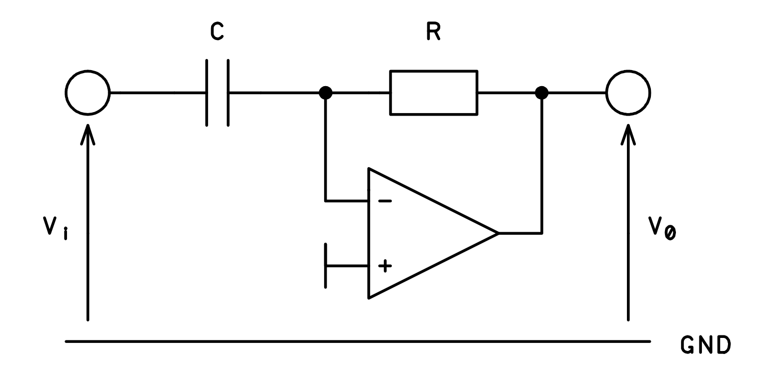



Fig. 4 – Le dérivateur

La fonction du transfert du circuit est :

$$V_0 = -RC \cdot \frac{dV_i}{dT}$$

En termes électriques, l'opération du circuit peut être décrite comme suit :
Soit à un moment donné une tension d'entrée en hausse. Le condensateur est relié d'un côté à la source de signal, et de l'autre à une terre virtuelle.
Le courant de charge initial est :

$$i_C = C \cdot \frac{dV_i}{dT}$$

Ce courant tend à être fourni par l'entrée (-) l'entrée de l'amplificateur opérationnel mais ceci fait changer la sortie de telle sorte à maintenir ce courant à une valeur pratiquement nulle. La sortie changera par conséquent à une valeur $V_0$ donnée par :

$$-V_0 = i_C.R = RC \cdot \frac{dV_i}{dT}$$

Le circuit de Fig.4 a l'aspect d'un filtre passe-haut et en effet c'en est un. Il attrape tellement de bruit de haute fréquence qu'il perd toute son utilité.

Une modification commune de ce circuit pour empêcher le bruit excessif est celle figurant à la figure 5.

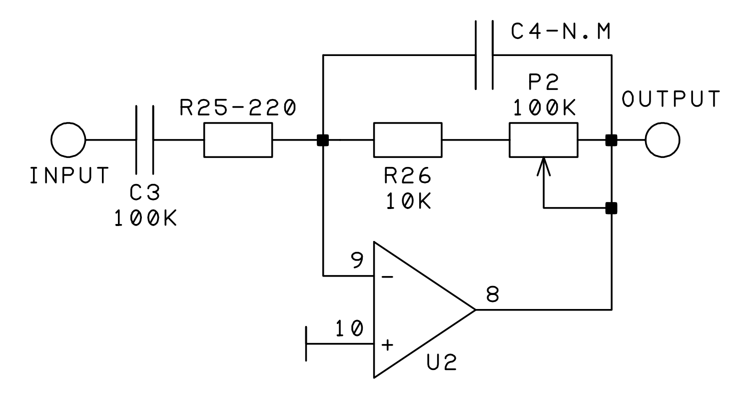



FIG.5 - THE PRACTICAL DERIVATOR
17CSF5

Une résistance est ajoutée en série au condensateur, introduisant de ce fait une limitation supérieure de fréquence.
La résistance fait que le circuit démarre à partir d'un dérivateur idéal à haute fréquence, mais améliore considérablement l'opération à des fréquences basses.

Le circuit doit être testé en reliant à son entrée un générateur de signaux (triangle, carré) ou, alternativement, le générateur d'onde intégré de vague peut être utilisé à cet effet.
Le schéma de l'installation des fils est montré dans Fig.6.

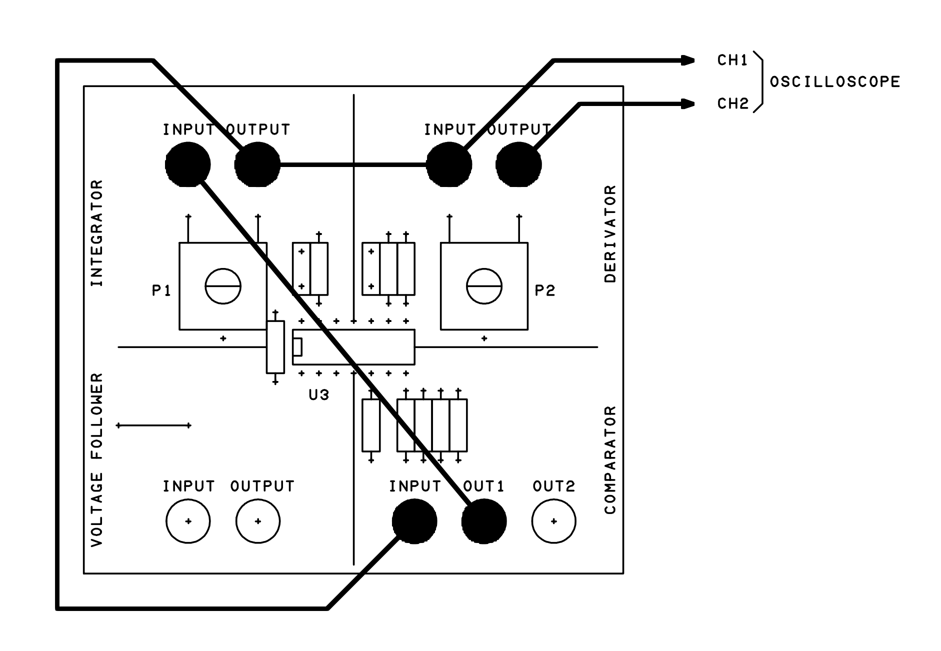



FIG.6 - STUDY OF THE DERIVATOR
15C3F6

Quand une onde triangulaire est appliquée à l'entrée d'un dérivateur, une onde carrée est obtenu à la sortie.
Pour pouvoir bien observer l''opération du circuit, choisissez une fréquence (par P1) permettant un résultat suffisamment de haut niveau. P2 peut également être employé pour ajuster le niveau de sortie du dérivateur.

## CHAPITRE 5 – LE BLOC DE L'ATTENUATEUR A PREREGLAGE NUMERIQUE

Le schéma de ce bloc est montré dans la Figure 1 et la disposition de ses composantes dans la Figure.2.

L'atténuateur à pré réglage numérique digitalement pré réglable se compose d'une cascade de 4 atténuateurs, de 1, 2, 4 et 8 dB respectivement.
Pour améliorer la précision de l'opération, chaque atténuateur est découplé du précédent et du suivant atténuateur par un dispositif de tension.

Chaque atténuateur peut être inséré dans la chaîne ou en être exclu selon le statut "MARCHE/ARRÊT" de 4 microcontacts construits dans un commutateur rotatif de décimal codé binaire (BCD).

Le commutateur rotatif a 16 positions 0, 1… 9, A, B, C, D, E et F. Les positions A à F représentent 10 à 15 dans l'hexadécimal. Dans chaque position les 4 commutateurs composent un mot numérique de 4 bits correspondant à chaque position numérotée.

Exemple :
Le commutateur BCD réglé sur « 6 » a les sorties O8, O4, O2 et O1, c'est à dire ARRET, MARCHE, MARCHE, ARRET respectivement.
Comme les sorties MARCHE 04 et 02 contrôlent respectivement les phases 4dB et 2dB de l'atténuateur, l'atténuation de la sortie par rapport à l'entrée sera:

4dB+2dB=6dB

Autre exemple :
Le commutateur BCD est en position « C » :

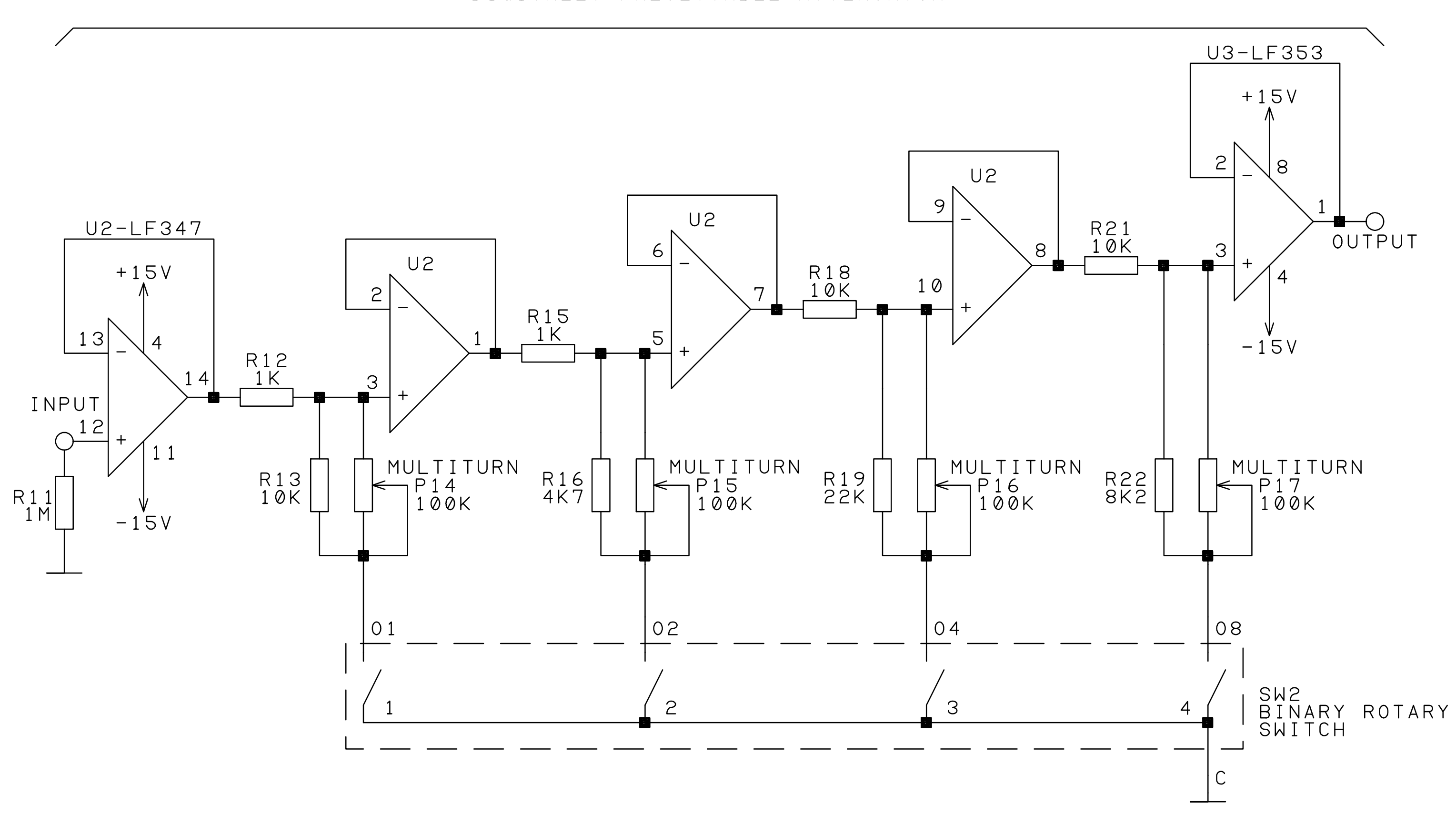
« C » en Hexadécimal est égale à 12 en décimal et 1100 en système Binaire.
Donc, les sorties 08, 04, 02, et 01 sont respectivement MARCHE, MARCHE, ARRET, ARRET.
Seules les phases 8dB et 4dB de l'atténuateur sont inclues. L'atténuation donc sera:

8dB+4dB=12dB

L'atténuateur à préréglage numérique peut être utilisé avec un courant continu jusqu'à des fréquences de plusieurs kilohertz.
Chaque phase de l'atténuateur est réglable à l'aide de condensateurs de précision situés du côté de soudure de la carte PCB, pour prévenir toute fausse manipulation accidentelle

La table suivante donne la tension de sortie de l'atténuateur pour une entrée de C.C de +10V, pour chaque position du commutateur BCD.

| dB | Sortie |
|---|---|
| 0 | 10 |
| 1 | 8.912499 |
| 2 | 7.943265 |
| 3 | 7.079435 |
| 4 | 6.309546 |
| 5 | 5.623382 |
| 6 | 5.01184 |
| 7 | 4.466802 |
| 8 | 3.981037 |
| 9 | 3.548099 |
| 10 | 3.162243 |
| 11 | 2.818349 |
| 12 | 2.511854 |
| 13 | 2.238689 |
| 14 | 1.995232 |
| 15 | 1.77825 |




DIGITALLY SELECTABLE ATTENUATOR 0-15dB, 1dB STEPS

17C5F1

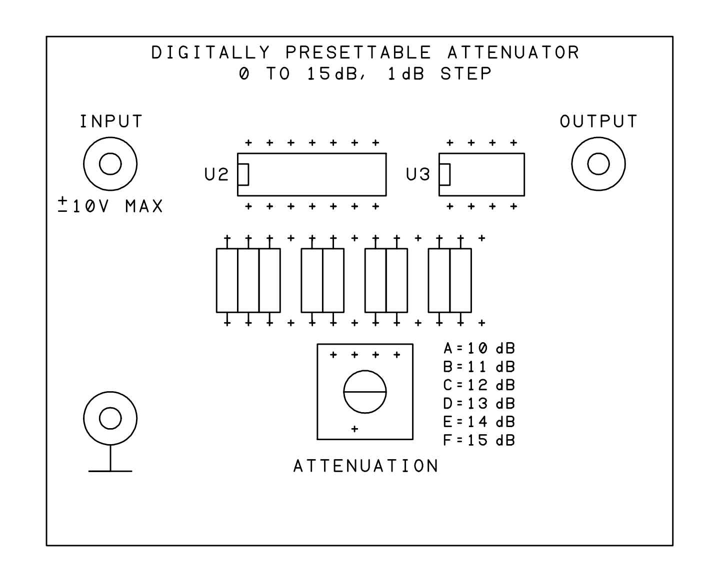



FIG.2 - COMPONENT LAYOUT FOR THE DIGITALLY PROGRAMMABLE ATTENUATOR

17C5F2

# CHAPITRE 6 – LES AMPLIFICATEURS LOG ET ANTILOG

## 6.1 - Les principes des amplificateurs logarithmiques

Les amplificateurs opérationnels et les dispositifs de semi-conducteur tels que les diodes et les transistors permettent la construction d’amplificateurs  ayant une loi logarithmique ou anti-logarithmique de transfert d'entrée-sortie. Ceci est rendu possible grâce à la loi logarithmique entre la tension à travers une jonction de semi-conducteurs et le courant qui la traverse.

La figure 1 montre les principes d'un amplificateur logarithmique, dont l'opération est comme suit : l'entrée inversante de  l’amplificateur opérationnel est terrée virtuellement. Le courant passant par R est Vi/R et est égal au courant passant par la diode. Par conséquent, la tension de la sortie de l’amplificateur opérationnel est négative et égale à la tension passant par la diode de jonction.

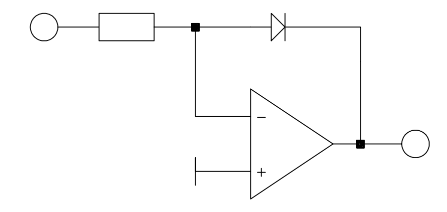


FIG.1 - THE BASIC LOGARITHMIC AMPLIFIER

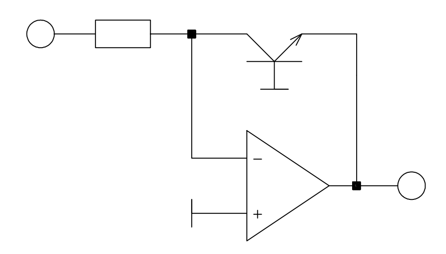


FIG.2 - A TRANSISTOR-BASED LOG AMPLIFIER

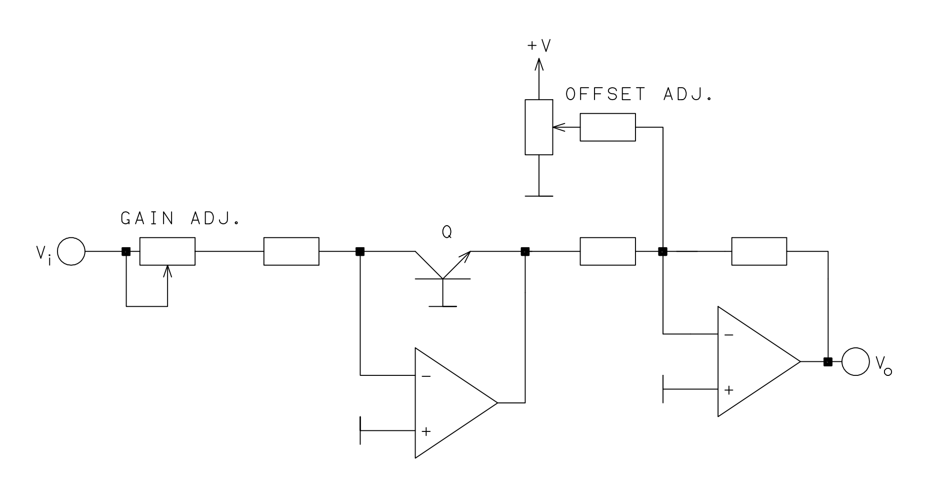



FIG.3 - LOG AMP WITH GAIN AND OFFSET CONTROLS

17C6F3

Il est à noter que ce circuit fonctionne seulement pour les signaux d'entrée positifs.

Le circuit de la figure 2 partage les mêmes principes d'opération mais utilise un transistor au lieu d'une diode. Les circuits pratiques dans l'exécution nécessitent l'installation de dispositifs supplémentaires pour contrôler le gain et la compensation, comme indiqué sur la figure 3.

Cet amplificateur logarithmique ne fonctionne pas pour les entrées négatives (un transistor de PNP serait exigé). En outre, l'opération avec des entrées inférieures à 1V n'est pas satisfaisante. Voir la figure 4 : l'oscillation négative est si large (et le gain est si haut) que le fonctionnement du circuit devient sujet à des affaiblissements typiques, tels que le bruit, la dérive, l'instabilité, etc.

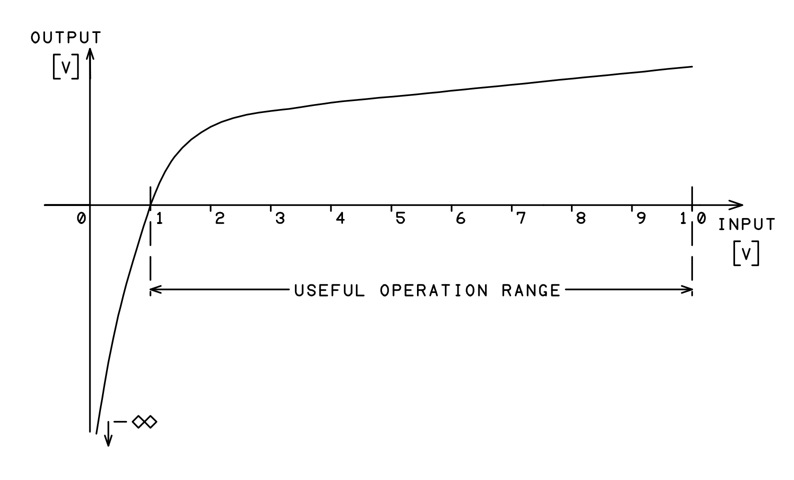



FIG.4 - CHARACTERISTIC OF A LOG AMPLIFIER
12CSG4

Toujours à propos du schéma de la figure 3, notez la présence de deux condensateurs de compensation, P1 et P2, pour ajuster respectivement le gain et la compensation du circuit. Pour mieux expliquer et illustrer ces derniers, considérons que le ratio sortie/entrée souhaitable et caractéristique d'un amplificateur logarithmique est par exemple le suivant :

| $V_i$[v] | $V_0$[v] |
|---|---|
| +1 | 0 |
| +2 | 0,301 |
| +3 | 0,477 |
| +4 | 0,602 |
| +5 | 0,699 |
| +6 | 0,778 |
| +7 | 0,845 |
| +8 | 0,903 |
| +10 | 1 |

Fig. 5

Ce résultat est décrit par l’équation

$$V_0 = Log_{10} V_i$$

Au lieu de ce résultat, nous obtiendrions en général d’un circuit comme celui de la figure 3 :

$$V_0 = a + bLog_{10} V_i$$

a et b sont respectivement la compensation et l’erreur de gain qui devrait être corrigée par le réglage approprié des condensateurs de compensation.

### 6.2 – Les principes des amplificateurs anti logarithmiques

Un amplificateur'anti-log remplit la fonction inverse d’un amplificateur logarithmique.
L'amplificateur anti-log s'appelle aussi Inverse-Logarithmique ou A-log ou exponentiel.
Le principe d'un amplificateur anti-log est montré dans la figure 6. Ici également, on fait appel à l'utilisation d'un dispositif de semi-conducteur (diode).

L'exécution pratique de ce circuit est montrée dans figure 7. Un transistor NPN est utilisé au lieu d'une diode.

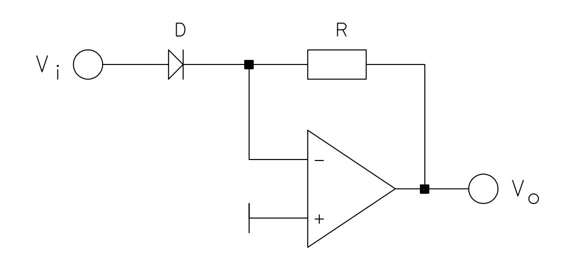



FIG.6 - THE BASIC ANTI-LOG AMPLIFIER

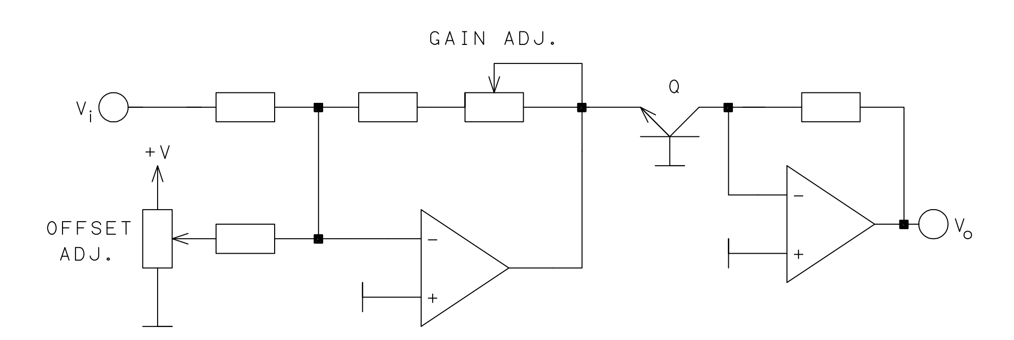



FIG.7 - ANTI-LOG AMP WITH GAIN AND OFFSET CONTROLS
17C6F7

## 6.3 – Les maquettes de formation des amplificateurs log/anti-log

Figure 8 montre le schéma de l'amplificateur logarithmique et les amplificateurs anti-logarithmiques de l'appareil d'apprentissage.
On peut remarquer que ceux-ci reflètent les principes des figures 3 et 7, avec quelques améliorations et dispositions supplémentaires.
En particulier, l'amplificateur logarithmique est suivi d'un amplificateur inversant dont le gain peut être préréglé par des commutateurs, comme suit :

| | |
|---|---|
| Commutateurs 1, 2, 3 MARCHE | → gain n = 1/3 |
| Commutateurs 2, 3 MARCHE | → gain n = 1/2 |
| Commutateur 3 MARCHE | → gain n = 1 |
| Commutateur 4 MARCHE | → gain n = 2 |
| Tous les commutateurs ouvert | → gain n = 3 |

Si $V_A$, $V_B$, $V_C$, $V_D$ sont les tensions aux points A, B, C, D de la figure 8, $V_B$ peut être écrite comme :

$$V_B = n.LogV_A \quad \text{avec } n = 1/3,\ 1/2, 1, 2, 3$$

$$\text{et aussi } V_B = Log\left(V_A^n\right)$$

Quand $V_B$ est place à l'entrée du bloc suivant, l'amplificateur anti-log,
$V_C = V_B$ et la sortie $V_D$ est:

$$V_D = Log^{-1}\left(V_C\right) = Log^{-1}\left(Log\ V_A^n\right) = V_A^n$$

L'ensemble de notre série d'amplificateurs logarithmique et anti-logarithmique peut donc produire les racines cubiques, les racines carrées, les carrés et les cubes de la variable d'entrée analogique, selon l'arrangement des commutateurs.

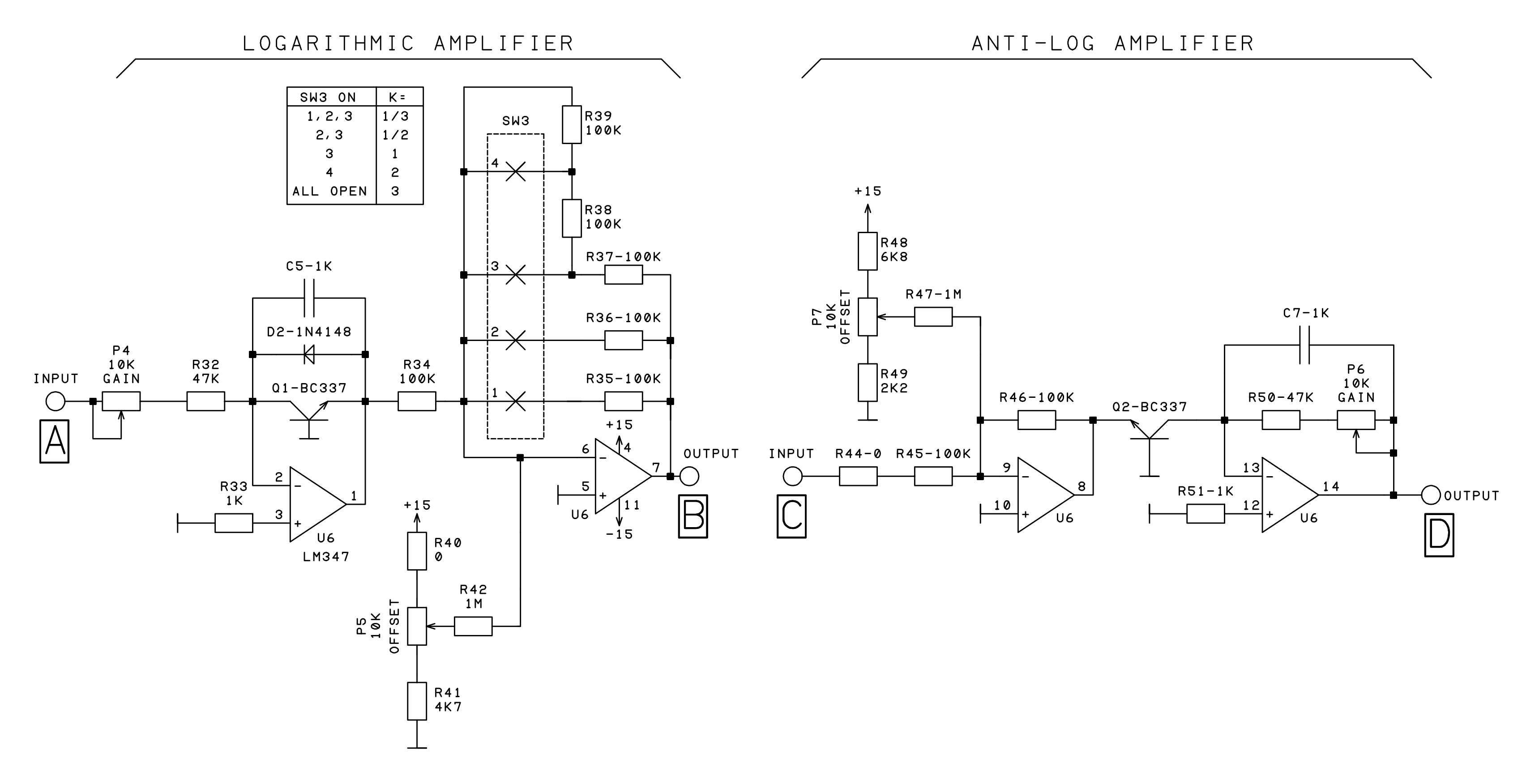



FIG.8 - SCHEMATIC OF THE LOG/ANTI-LOG AMPLIFIERS OF THE TRAINER

17C6F8

## 6.4 – Exercice : L’installation de base de l’amplificateur log/anti-log

Cette expérience consiste à disposer les amplificateurs logarithmiques et anti-logarithmiques en cascade, c.-à-d. relier B et C de la figure 8.

Une fonction d'entrée sera appliquée à A. On observera son logarithme à B, à C et la fonction reconvertie à D.

Le signal à D sera comparé à A et l'ajustement devra se faire pour avoir A et D parfaitement coïncidents. Cette expérience est donc également un guide pour le calibrage des amplificateurs logarithmiques et anti-logarithmiques en préparation à leur utilisation.

Puisque le calibrage doit être fait en dessus d'au moins une décade dans les valeurs d'amplitude d'entrée (1 à 10V), il est très commode d'arranger les équipements intégrés pour fournir un signal d'essai comme celui montré dans figure 9.
Les figures 10 et 11 montrent l'installation.

Choisissez pour l’onde triangulaire une basse fréquence (au-dessous de 70Hz) pour réduire les effets perturbateurs de la capacité perdue des câbles enfichables.
Affichez sur canal 1 de l’oscilloscope le signal à A de la figure 10. Réglez l'instrument pour 1V/cm et alignez soigneusement le bas du triangle (1V) avec la ligne de grille 1V de l'écran.

**Dans l’amplificateur logarithmique, mettez le commutateur 3 sur MARCHE et tous les autres sur ARRET.** L'amplification est donc 1.
Placez la sonde de canal 2 (CH2) sur le même point A que canal 1(CH1). Alignez soigneusement la voie de CH2 de sorte qu'elle recouvre exactement l'image de CH1. Canal 2 est ainsi calibré comme CH1.

Déplacez la sonde CH2 à B de la Figure 10 et de Figure 11. L'image qui est maintenant affichée est celle d’une onde ressemblant à des coupes inversées représentant le Log de l’onde triangulaire.

En d'autres termes :

$V_B = a+b.\text{Log } V_A$

Remarquez que :

$\text{Log}_{10} 1 = 0$

Les pointes inférieures de l’onde Logarithmique devraient toucher la ligne de grille 0V (augmentez l'amplification verticale deCH2 de l'oscilloscope à 50mV/cm et laissez CH1 sur 1V/cm).
S'il n'en est pas ainsi, le condensateur de compensation P5 devrait être ajusté. Continuez à ajuster jusqu'à obtenir sur l'écran de l’oscilloscope une image comme celle dans figure 12.

Apres cet ajustement, la formule originale

$V_B = a+b.Log\ V_A$

S'est transformée en

$V_B = b.Log\ V_A$

L'étape suivante devrait être d'ajuster le gain afin d'obtenir pour « b » un chiffre rond tel que 0,1 ou 0,05. La crête de l'onde algorithmique de la figure 12 est en effet de l'ordre de 50 à 100mV et le gain devrait être ajusté pour atteindre le plus proche de ces chiffres. Cette opération est en réalité complexe (puisqu'également la compensation changera) et pas strictement nécessaire, comme on le verra plus loin.
Par conséquent, laissez P4 (gain) comme il est et déplacez CH2 vers la sortie D de l'Antilog.
Une onde triangulaire apparaîtra.
Ajustez la compensation de l'amplificateur antilogarithmique (P7) pour faire coïncider parfaitement l'onde de la sortie avec celle de l'entrée.
Comme dans le cas de l'amplificateur logarithmique, l'ajustement du gain (P6) ne devrait pas être touché sauf dans le cas ou une coïncidence parfaite ne peut pas être obtenue par P7 seulement.
Il ne vous serait pas possible aussi d'atteindre une coïncidence si les commutateurs de l'amplificateur logarithmique ne sont pas réglés sur K=1 (c.-à-d. Commutateur 3 MARCHE).

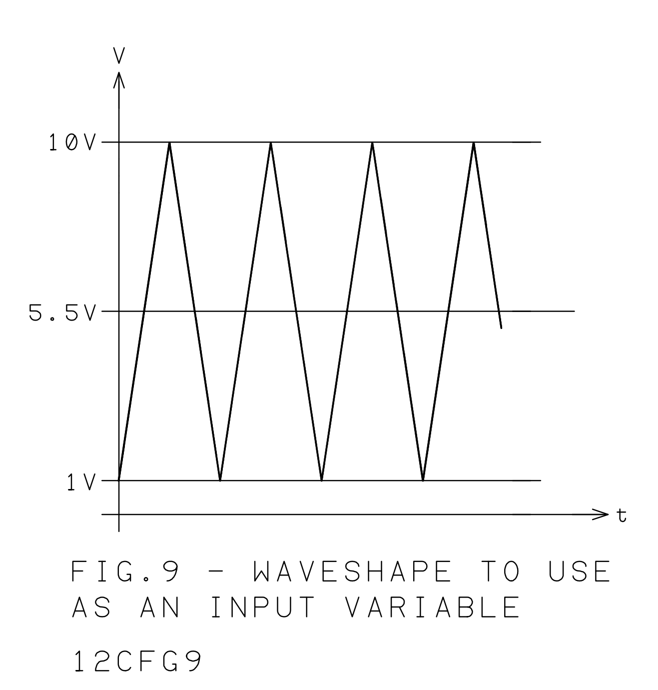



FIG.9 - WAVESHAPE TO USE AS AN INPUT VARIABLE

12CFG9

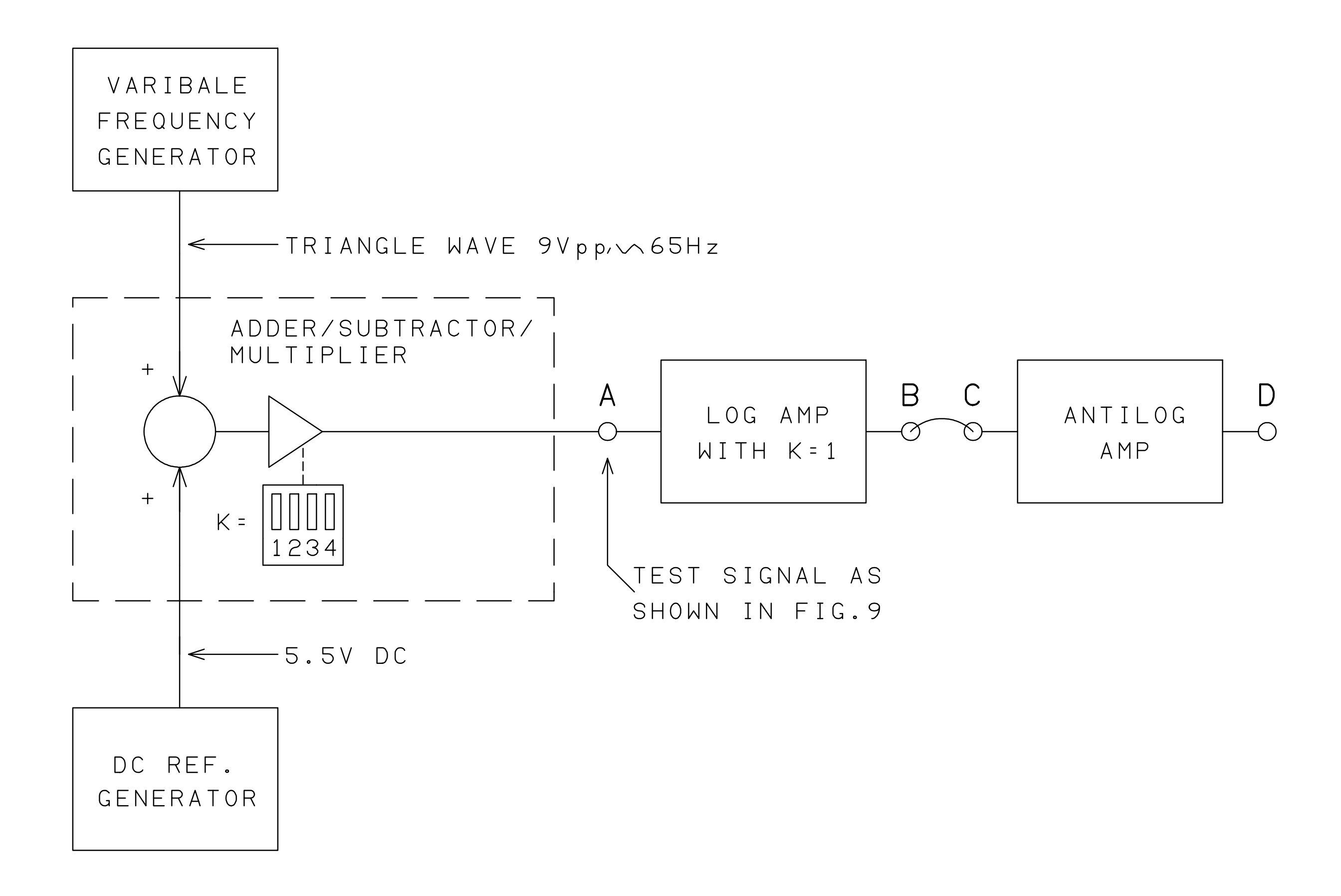



FIG.10 - SETUP FOR THE EXPERIMENT

17C6F10

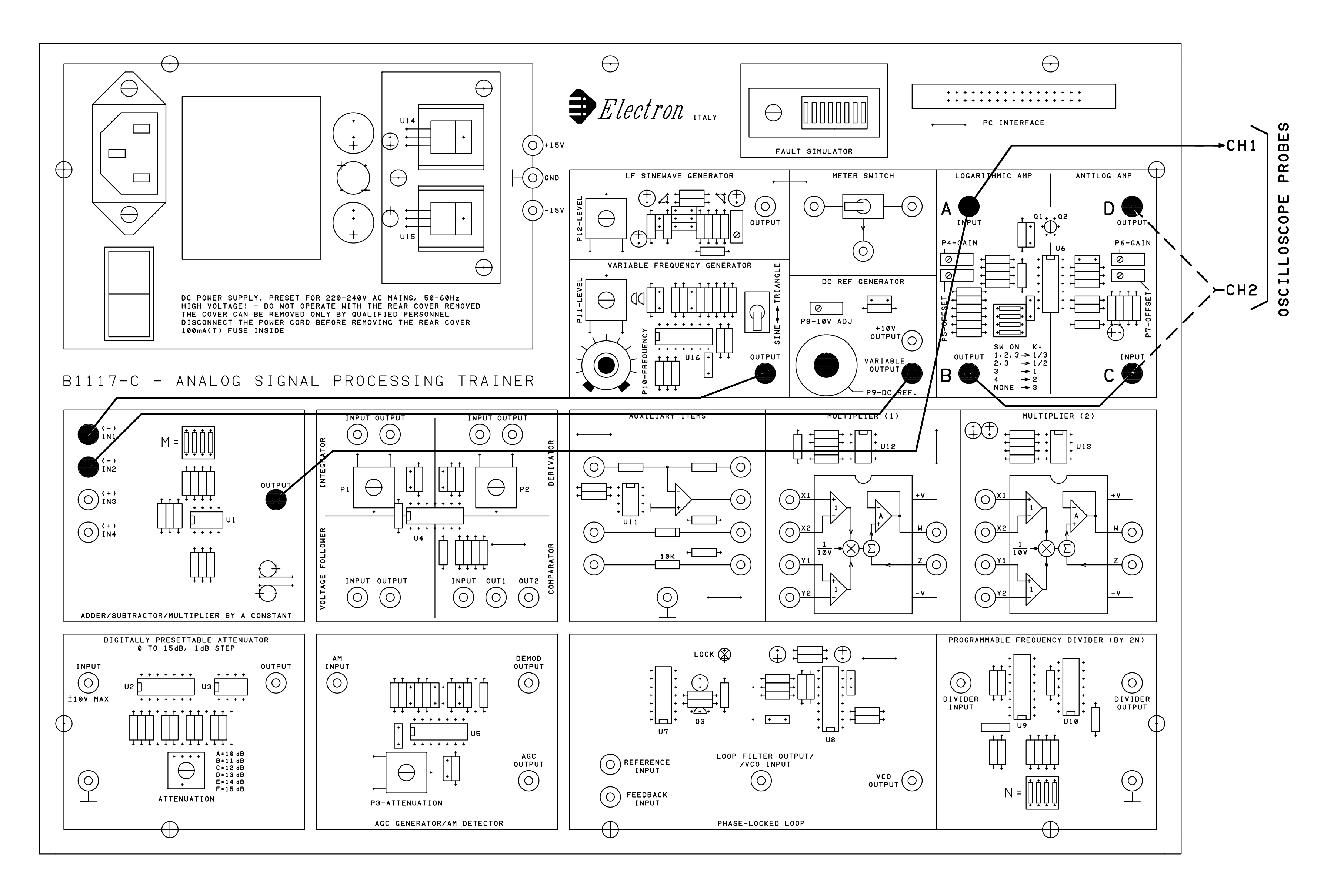



FIG.11 - SETUP FOR THE EXPERIMENT

17C6F11

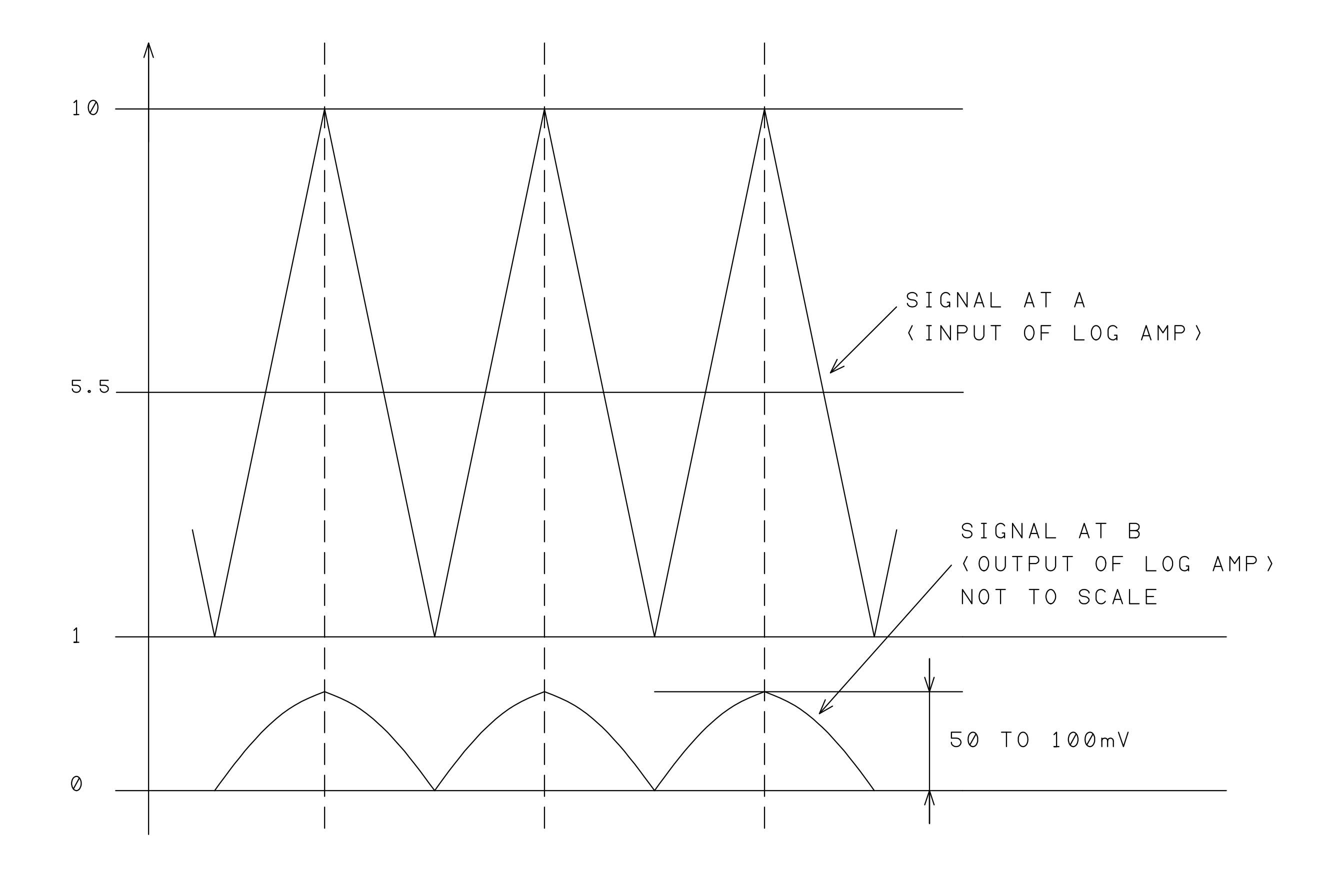



FIG.12 - INPUT AND OUTPUT SIGNALS OF THE LOG AMP
17C6F12

### 6.5 – EXERCICE : Calcul des racines carrées

Sans changer l'onde d'essai de l'entrée, changez le réglage du gain de l'amplificateur pendant l'étape logarithmique :
Placez les commutateurs 2 et 3 sur MARCHE. Ceci a comme conséquence un gain de ½, donc :

$$V_D = Log^{-1}V_B = Log^{-1}(\tfrac{1}{2}LogV_A) = Log^{-1}LogV_A{}^{1/2} = V_A{}^{1/2} = \sqrt{V_A}$$

Observez sur CH2 la forme de l'onde résultant du calcul de la racine carrée de l'onde triangulaire (Figure 13).

Notez que:

$$\sqrt{1} = 1$$
$$\sqrt{10} = 3.16$$

Par conséquent, $V_D$ a des crêtes inférieures à 1V et des crêtes supérieures à 3,16V.

### 6.6 – EXERCICE : Calcul des racines cubiques

Avec la même installation et la même onde d'essai de l'entrée qu'avant, changez la position de commutateur pour un gain de 1/3.
Ceci signifie que les commutateurs 1, 2 et 3 sont tous en position MARCHE.

Observez les formes d'onde résultant du calcul de la racine cubique de l'onde triangulaire.
Notez que :

$$\sqrt[3]{1} = 1$$
$$\sqrt[3]{10} = 2.15$$

L'onde résultante a donc des crêtes inférieures et supérieures à ces valeurs (en Volts).

### 6.7 – EXERCICE : Elever à la puissance 2 (CARREE)

Notez que la sortie de l'amplificateur anti-logarithmique peut varier de 0 à 12 ou 13V avant la saturation. Prenons 10V comme niveau de maximal de sortie permis. La racine carrée de 10 est 3,16. Par conséquent l'entrée maximale à carrer ne devrait pas dépasser par exemple 3V.

Le signal d'entrée, montré dans Figure 9, devrait être réajusté dans son amplitude pour aller de 1V (le bas) à 3,0V (le sommet).

Appliquez ce signal, puis réglez les commutateurs de l'amplificateur logarithmique pour un gain de 2.
Ceci veut dire que le commutateur 4 est en position MARCHE et que tous les autres sont en position ARRET.

Observez la forme de l'onde à D, qui devrait avoir des crêtes supérieures à $3^2 =$ 9V et des creux inférieures à $1^2 = 1$V (voir figure 14).

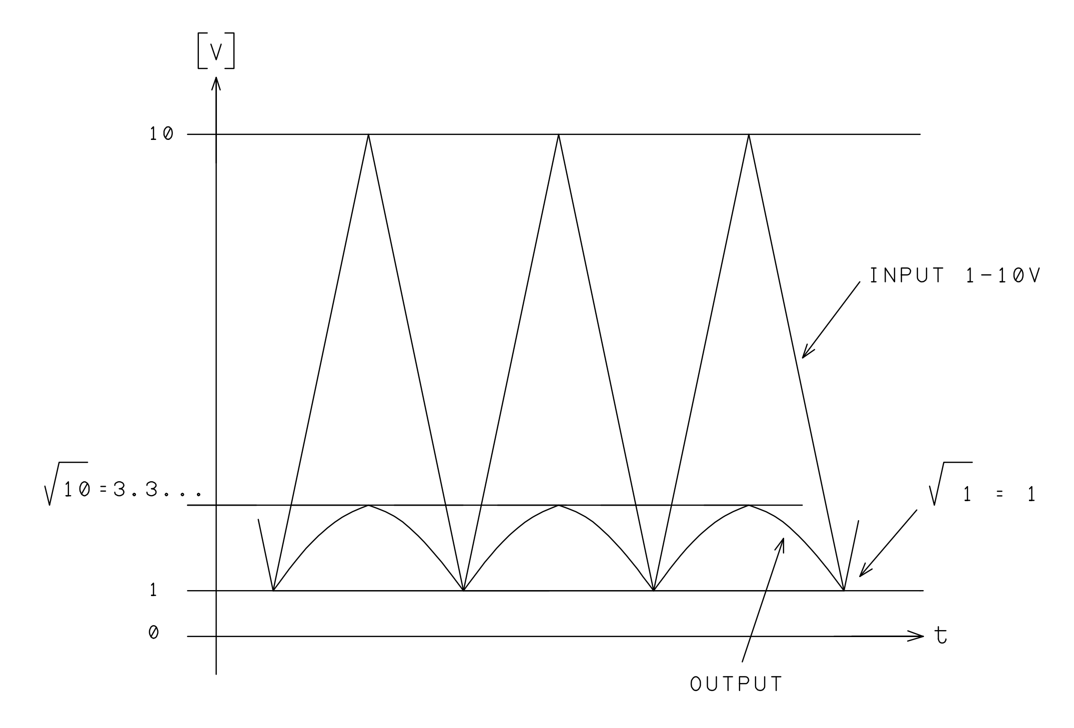



FIG.13 - SQUARE-ROOTING OF A TRIANGLE WAVE
17C6F13

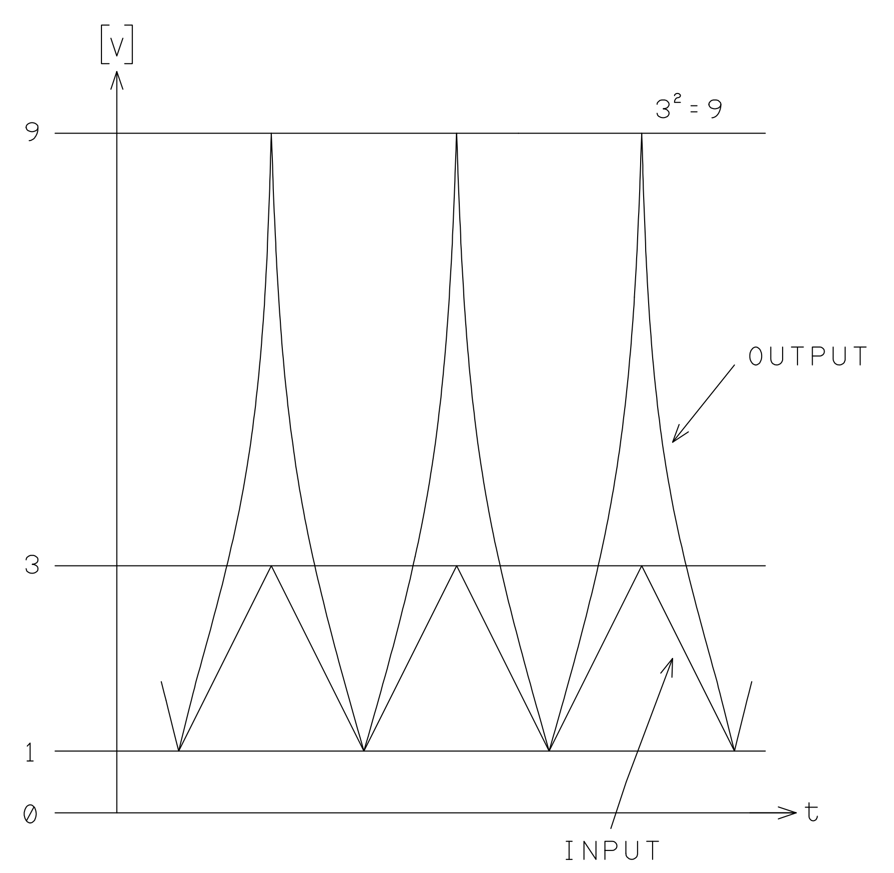



FIG.14 - SQUARING THE TRIANGLE WAVE
17C6F14

### 6.8 – EXERCICE: Elever à la puissance 3 (CUBER)

La procédure est la même que pour le cas ci-dessus. Le signal d'entrée maximum ne devrait pas dépasser ce qui suit :

$$\sqrt[3]{10} = 2.15$$

Supposons que l'onde d'entrée doit être rajustée dans l'ordre de 1,0 (creux) à 2,0V (crêtes).

Tous les commutateurs doivent être en position ARRET, pour un gain de 3.

Le signal de sortie ($V_D$) variera de 1 à to $2^3$ = 8V

## CHAPITRE 7 – LE BLOC MULTIPLICATEUR

L'appareil d'apprentissage inclut deux blocs jumeaux de multiplicateur basés sur l'AD633, un circuit intégré fonctionnant comme multiplicateur à 4 quadrants.
Un bloc supplémentaire contient des articles auxiliaires nécessaires pour expérimenter efficacement avec les deux premiers. Ces articles incluent un amplificateur opérationnel, trois résistances et une diode.

La fiche technique originale de l'AD633 est ci-jointe. Ce document détaille les caractéristiques techniques du dispositif aussi bien que ses applications.

### 7.1 – Elever au carré

Se référer à la fiche technique du AD633 en annexe, surtout au schéma 4 de la page 3, montrant l'installation d'essai.
Utilisez comme source d’entrée, un signal de courant continu de 0 … 10V. Les niveaux suivants de sortie par rapport à l’entrée seront obtenus :

| ENTREE | SORTIE |
|---|---|
| +1 | +0,1 |
| +2 | +0,4 |
| . | . |
| . | . |
| . | . |
| +5 | +2,5 |
| . | . |
| +10 | +10 |

Quant aux entrées de C.C négatives : la carte n’inclut pas une source de C.C négatif variable ; toutefois ce courant peut être produit en plaçant le 0… +10V sur l'entrée (-) du SOMMATEUR/SOUSTRACTEUR, préréglée pour K=1. Le courant produit sera de 0… - 10V approprié pour l'usage dans cette expérience.

## 7.2 – Calcul des racines carrées

Référez-vous à la figure 6, page 4 de la fiche technique de l'AD633 en annexe à ce document, montrant l'installation d'essai.
Cette installation fonctionne seulement pour les entrées positives à la borne 3 de l'AD633, ce qui signifie les entrées négatives à l'entrée E de l'amplificateur opérationnel.
La tension négative 0… - 10V peut être produite comme expliqué dans le paragraphe 7.1.

Note : Au cas où la prise E recevrait un signal positif, même momentanément, comme cela pourrait se produire à l'allumage de l'appareil ou à cause d'une mauvaise connexion enfichable, le système se verrouille avec la sortie W saturée vers l'alimentation -V.

La meilleure façon de restaurer le fonctionnement normal de l'appareil est d'ouvrir et fermer brièvement le commutateur K du bloc SOMMATEUR/SOUSTRACTEUR (le commutateur 1 devrait avoir été placé en position MARCHE pour composer un inverseur gain-unité).
De cette façon la sortie du SOMMATEUR/SOUSTRACTEUR est temporairement envoyée à l'alimentation -V, ce qui déverrouille le calculateur de la racine carrée.
Les valeurs suivantes devraient être respectées :

| ENTREE | SORTIE |
|---|---|
| -0,90V | 3,00V |
| -1,60V | 4,00V |
| -2,50V | 5,00V |
| -4,90 | 7,00V |

## 7.3 – Le modulateur AM

Référez-vous à la figure 10, page 5 de la fiche technique en annexe. Cette installation fonctionne bien mais celle montrée dans figure 1 est nettement meilleure. Un diviseur de tension (potentiomètre) est placé entre l'entrée du transporteur et l'entrée Z.
Un potentiomètre additionnel n'est pas disponible sur la carte et l'utilisateur devrait utiliser un périphérique externe.

Voici par ailleurs d'autres notes sur cette expérience :

- Utilisez le générateur de fréquence variable intégré, réglé pour 5Vpp à 60KHz, comme générateur d'onde porteuse.

- Utilisez le générateur de frèquence fixe intégré, reglé pour une sortie d'onde sinusoidale de approximativement 8Vpp à 270Hz comme signal de modulation.

- La forme de l'onde résultante est une onde AM avec porteuse, obtenue par multiplication et donc exempte des harmoniques.

L'onde AM-avec porteuse peut être transformée en une onde à double bande latérale avec porteuse supprimée en déconnectant la borne 6 (entrée Z) et en la terrant.

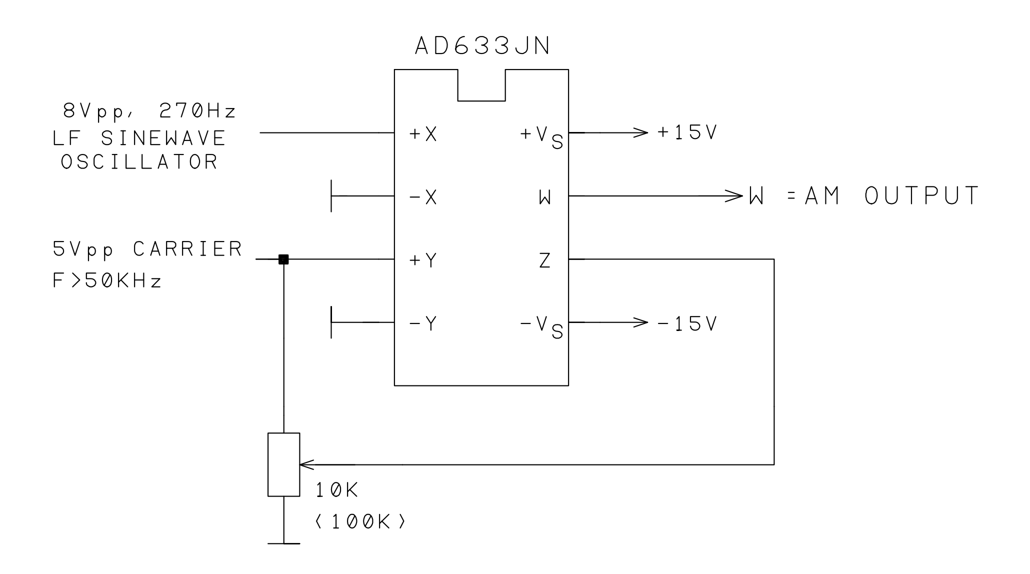



FIG.1 - THE AM MODULATOR
17C7F1

### 7.4 – Un système AM TX/RX complet avec CAG

L'installation est montrée dans figure 2. Celle ci comprend ce qui suit :

Le multiplicateur 1 installé comme modulateur d'AM, comme expliqué au paragraphe précédent.

Multiplicateur 2 installé comme atténuateur contrôlé par courant continu, et ce à fin de mettre en application la fonction de Contrôle Automatique du Gain (CAG).

La SORTIE CAG du bloc GENERATEUR CAG/DETECTEUR de AM est utilisée comme signal de contrôle de C.C, Ce signal est un niveau de C.C qui est inversement proportionnel à l'amplitude moyenne de crête-à-crête de l’onde AM reçue.
Ce niveau de C.C est approximativement +10V avec atténuation maximale sur P3 (= aucune Modulation d’Amplitude sur le détecteur) et baisse jusqu’à presque 0V (quelques dizaines de mV) pour un réglage minimum de P3 (maximum AM sur le détecteur).

Le système démontre les principes du CAG : la production du détecteur demeure constante pour pratiquement n'importe quelle position de l'atténuateur P3.

Notez que pour une démonstration plus réaliste, P3 devrait être placé entre le multiplicateur 1 et le multiplicateur 2 pour simuler une atténuation variable de chemin.

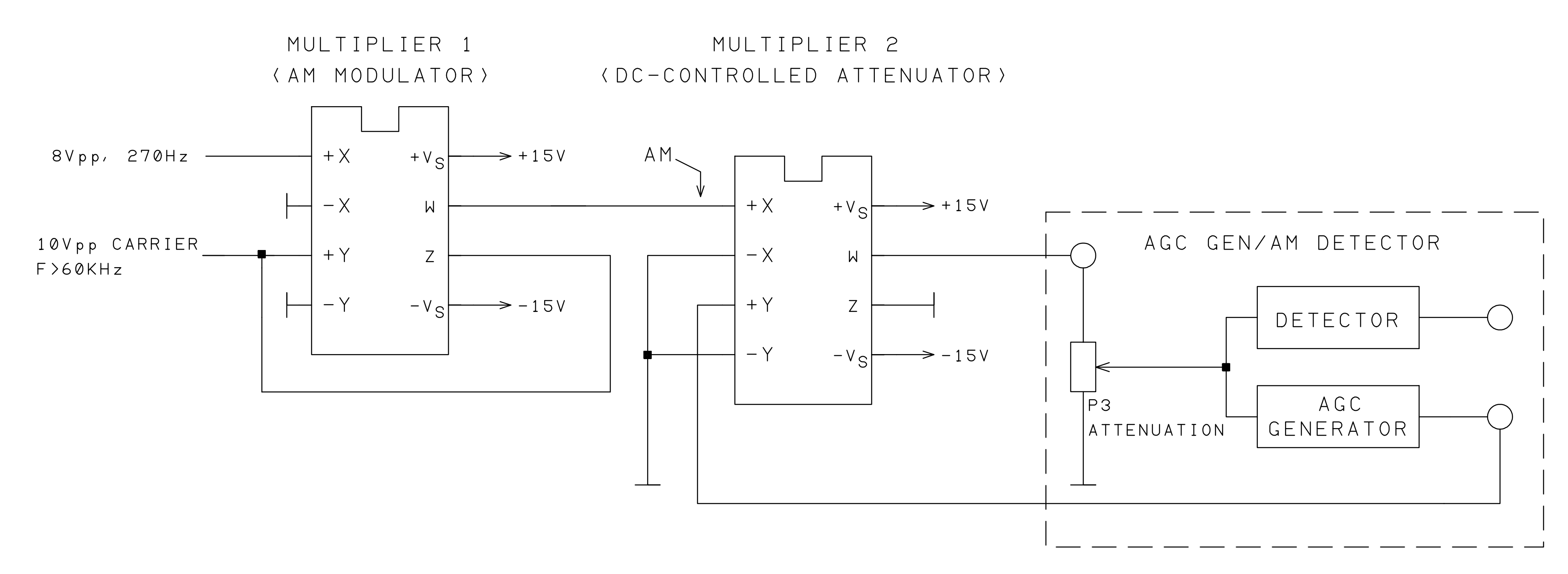



FIG.2 - COMPLETE TX/RX AM SYSTEM

17C7F2

# CHAPITRE 8 – LA BOUCLE A VERROUILLAGE DE PHASE

## 8.1 – La boucle de base

La boucle à verrouillage de phase n'est pas strictement une unité analogique mais est employé souvent dans les systèmes analogues pour effectuer des opérations telles que la démodulation ou la multiplication de fréquence, etc.
Les caractéristiques fondamentales de la boucle à verrouillage de phase peuvent être étudiées en utilisant l'installation de la figure 1.
Plusieurs articles mentionnés dans cette figure sont inclus dans un seul circuit intégré, le dispositif 4046.

Pour faire fonctionner la boucle, la sortie de l'oscillateur commandé en tension doit être reliée à l'ENTREE de la RÉTROACTION ENTRÉE par un câble enfichable. Dans figure 1, cette connexion est indiqué par la ligne tirée.
Comme signal d'entrée de référence de fréquence, utilisez-la sortie du Générateur de fréquence variable intégré réglé pour fournir une onde sinusoïdale de grande amplitude et d'une fréquence de plus de 40KHz, pour commencer. Une fois la boucle verrouillée, réduisez l'amplitude de référence.

La lumière de LED indiquant l'état de fermeture est allumée quand le verrouillage est atteint. Remarquez que cette lumière peut s'allumer ou clignoter au hasard quand une entrée est absente, c.-à-d. quand une des entrées de RÉFÉRENCE ou de RÉTROACTION est ouverte.
Il se peut qu'il soit nécessaire de déplacer vers le haut ou vers le bas la référence de fréquence pour arriver à un état stable de verrouillage.

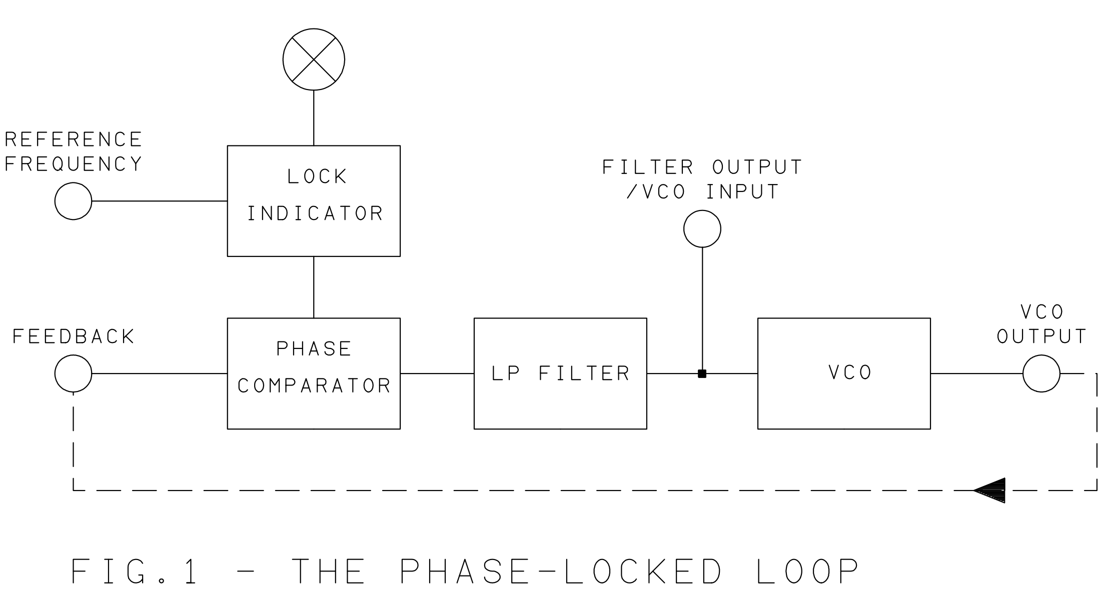



FIG.1 - THE PHASE-LOCKED LOOP

17C8F1

## 8.2 – la multiplication de fréquence

Pour des fins de démonstration de la multiplication de fréquence, l'appareil dispose d'un bloc de diviseur de fréquence programmable à côté du bloc de la boucle à verrouillage de phase (voir les figues 2 et 3).
Le diviseur programmable accepte des entrées d'ondes sinusoïdales provenant de l'oscillateur commandé en tension et produit une onde carrée de fréquence 2 fois N plus basses. N peut être préréglé pour être 1, 2, 3 ou 4 en réglant les commutateurs d'un boitier à double rangée de connexions.
Un seul commutateur devrait être sur position MARCHE à tout moment. Une opération erronée se produit si plus d'un commutateur est en MARCHE ou s'ils sont tous en position ARRET.

Pour installer le multiplicateur de fréquence (ou le synthétiseur de fréquence) établissez les connexions montrés dans figure 2, c.à.d. :

- La sortie de l'oscillateur dans l'ENTRÉE du DIVISEUR
- SORTIE du DIVISEUR dans l'ENTRÉE de RÉTROACTION de la boucle à verrouillage de phase
- Utilisez comme ENTRÉE de RÉFÉRENCE de la boucle le signal du générateur de fréquence variable intégré, réglé pour une onde sinusoïdale de grande amplitude (par exemple 5Vpp) et d'une fréquence de plus de 40KHz.

Régler le diviseur programmable pour N=1. On s'attend alors à une division par 2N=2. Ajustez le niveau du signal de référence et de sa fréquence jusqu'à l'obtention d'un verrouillage stable (indicateur MARCHE).
En utilisant un fréquencemètre (ou oscilloscope) vérifiez que la sortie de l'oscilloscope commandé en tension est égale à 2N fois la fréquence du signal de référence.

Déplacez N à 2, à 3 et à 4 et vérifiez que la fréquence de l'oscilloscope devient 4, 6 et 8 fois le signal de référence.

Notez que pour le fonctionnement du  système, il est nécessaire que 2N fois la fréquence de référence soit inférieur à la limite supérieure de fréquence de l'oscilloscope. Ceci est très évident. Réduisez la fréquence de référence si la limite de l'oscilloscope est atteinte.

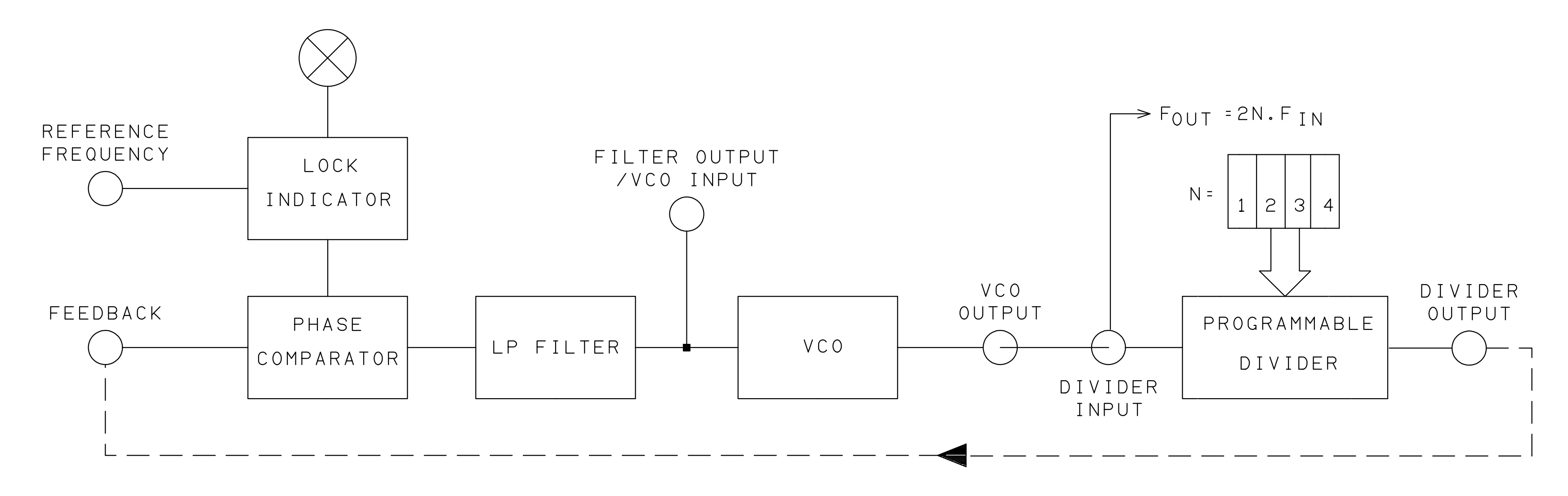



FIG.2 - THE PLL FREQUENCY MULTIPLIER

17C8F2

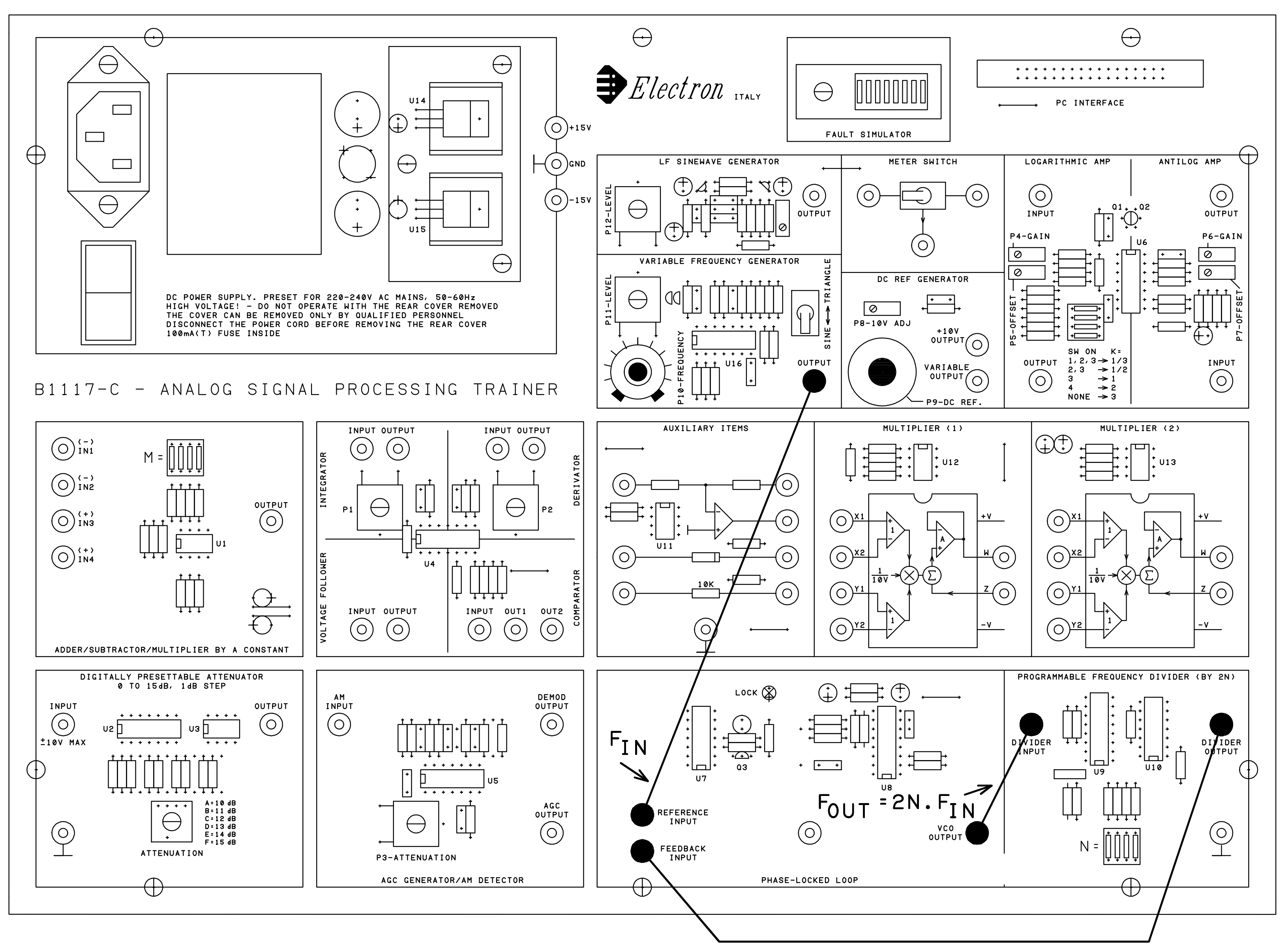
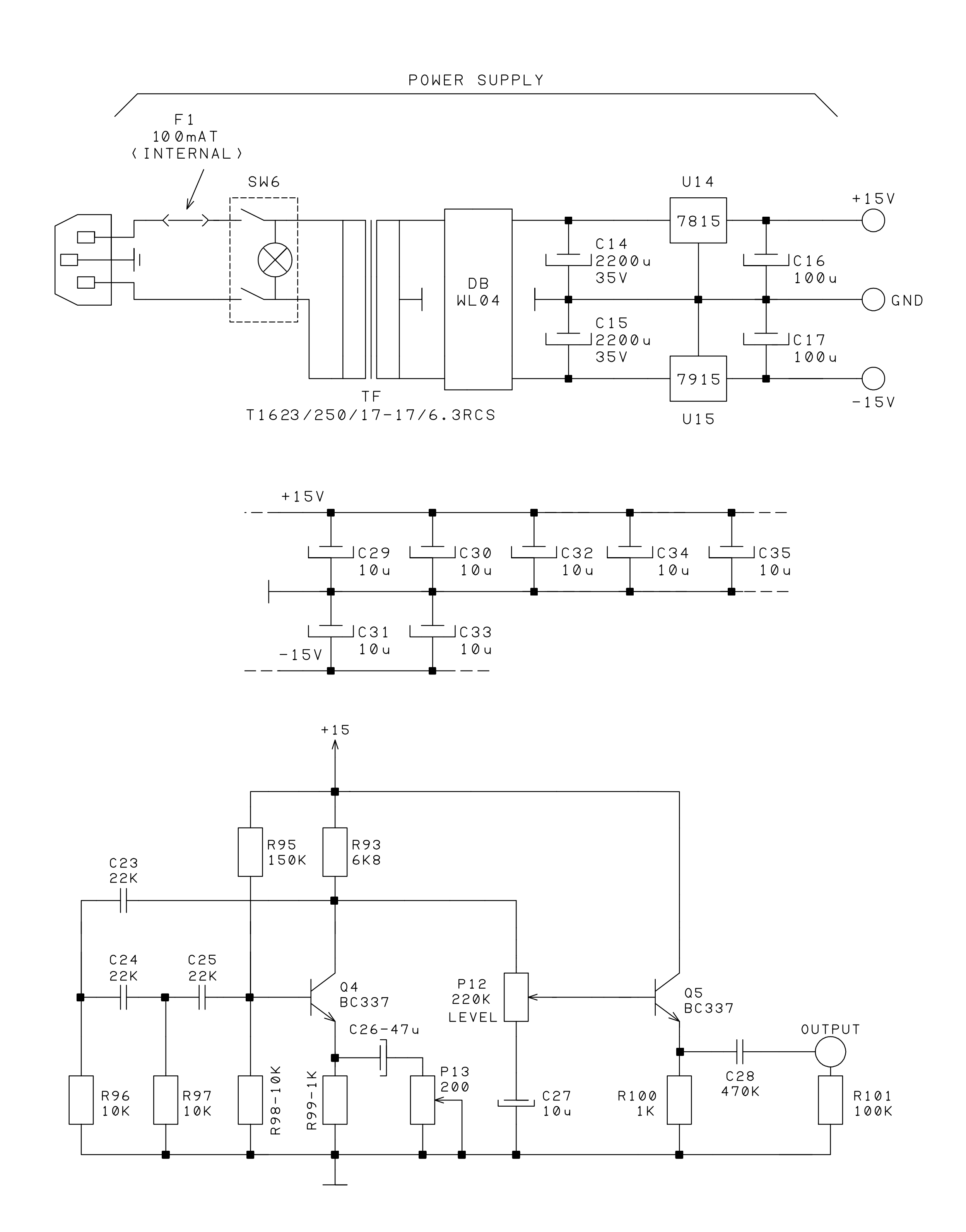



FIG.3 - SETUP FOR THE EXPERIMENT

17C8F8

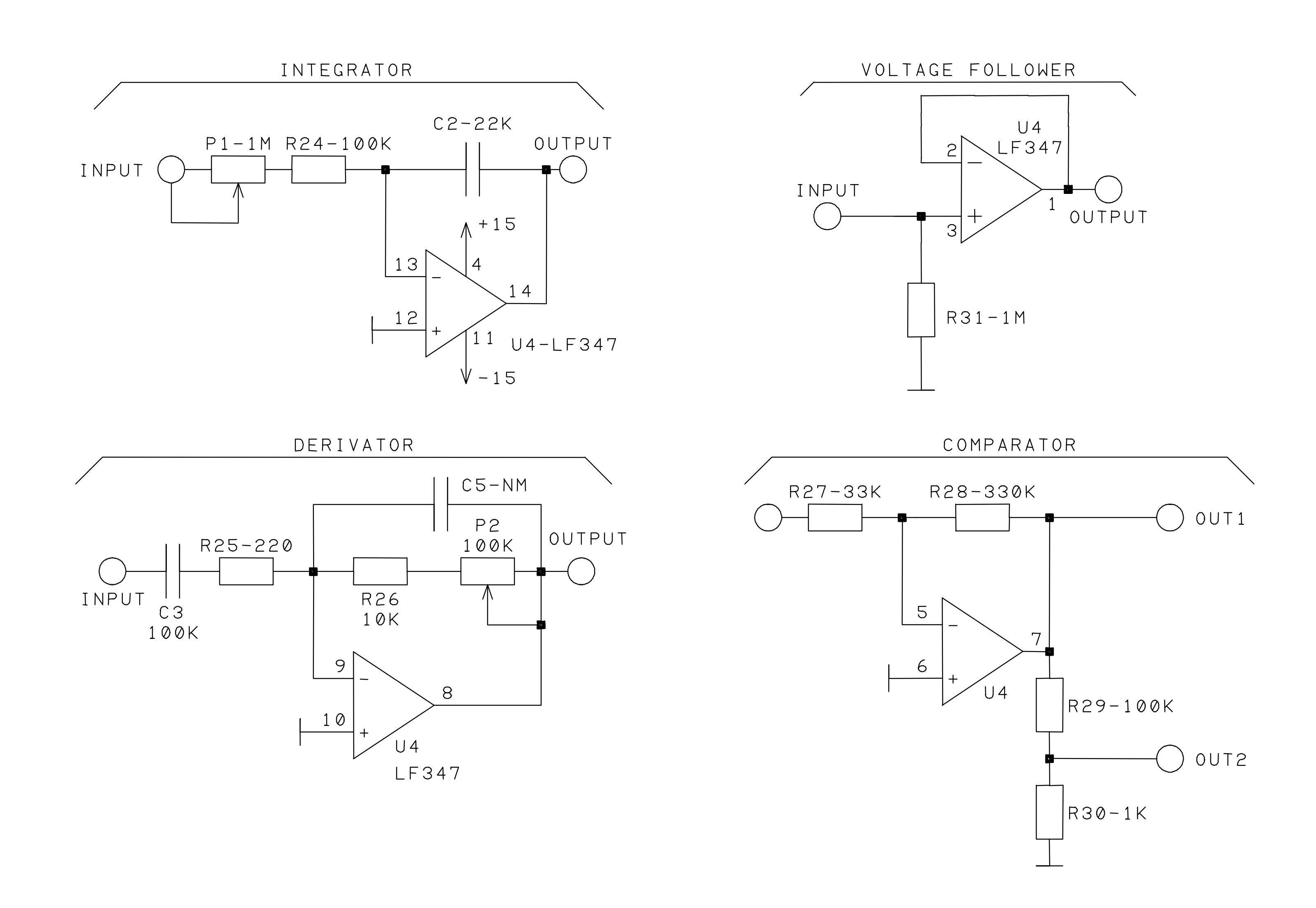
# CHAPITRE 9 – DOCUMENTATION DE L’APPAREIL

Ce chapitre contient tous les schémas pour l’appareil d’apprentissage.




B1117-C - SHEET 1 OF 7 - SCHEMATIC DIAGRAM

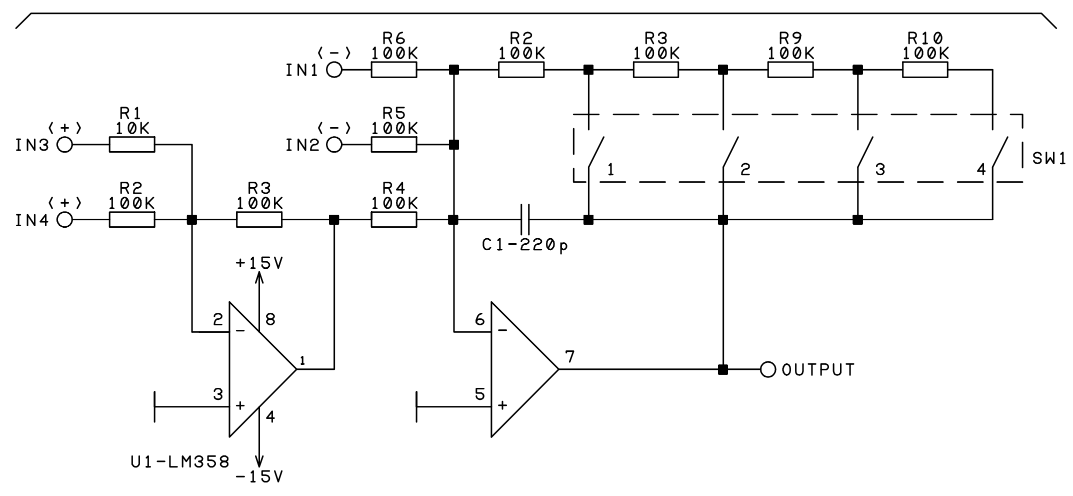
17C9F1



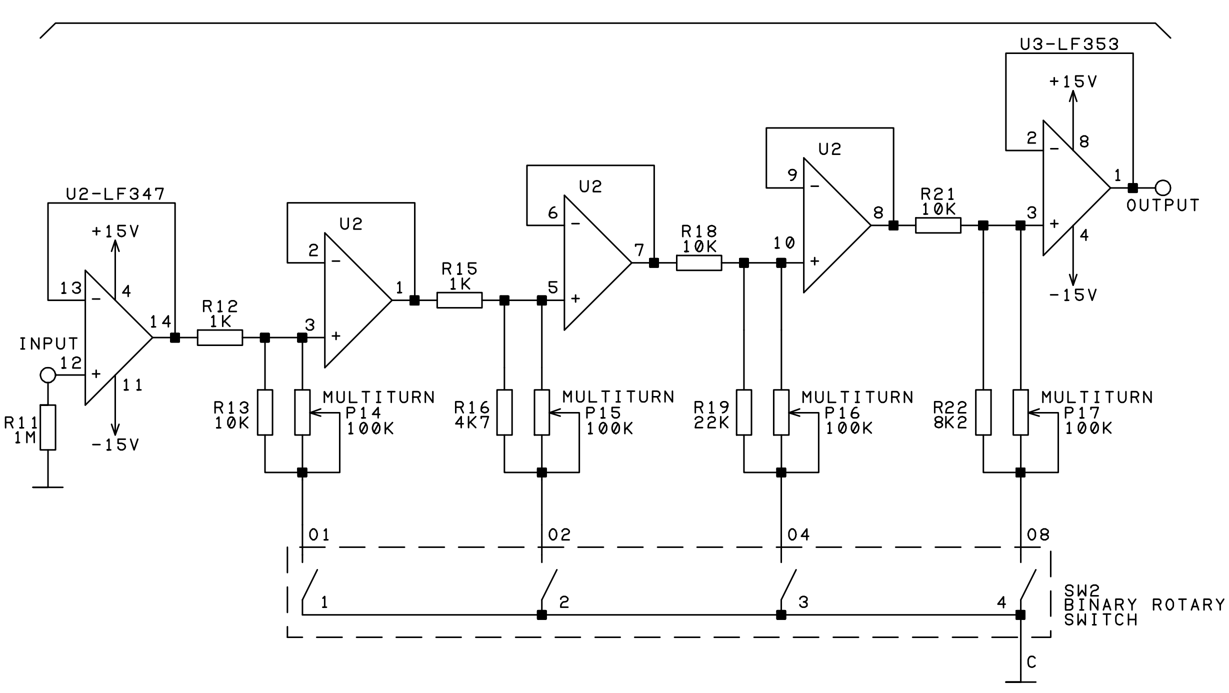

B1117-C - SHEET 2 OF 7 - SCHEMATIC DIAGRAM

17C9F2

ADDER/SUBTRACTOR/MULTIPLIER BY A CONSTANT

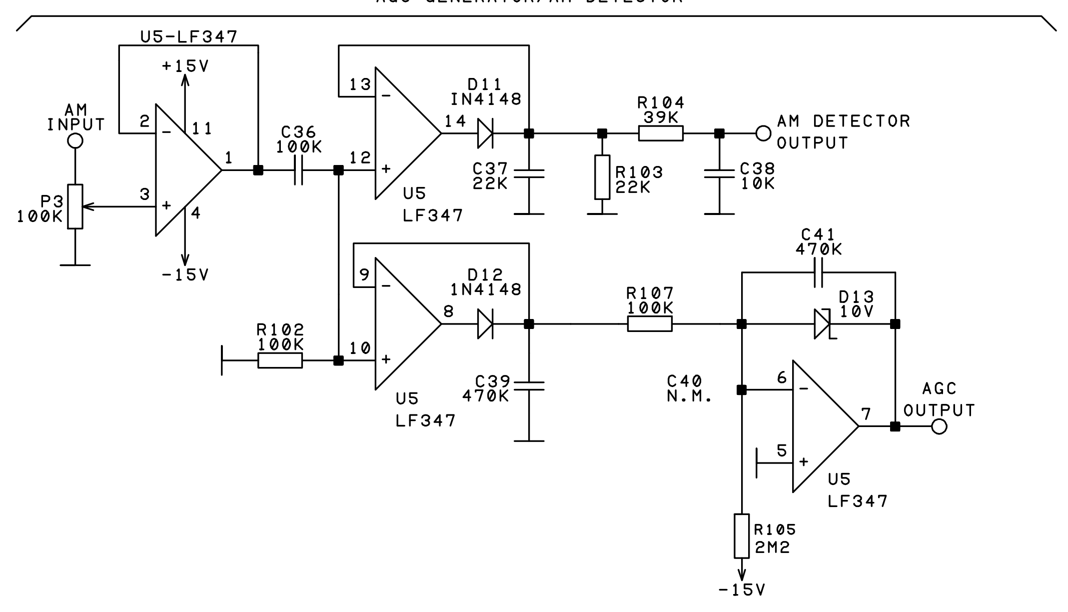


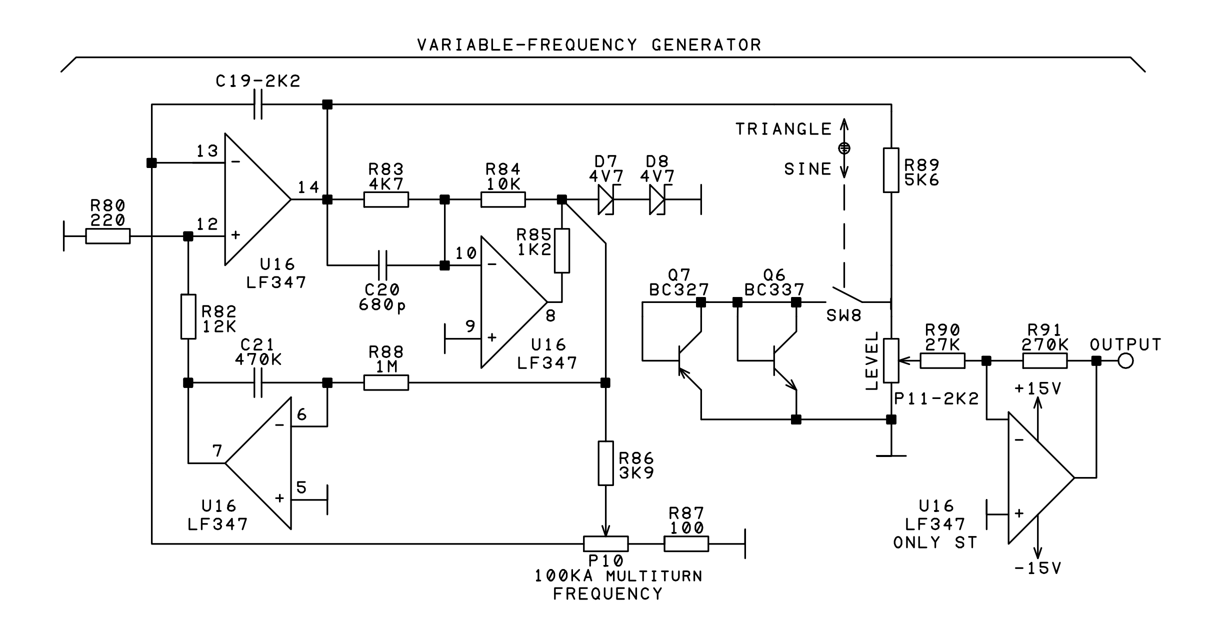

DIGITALLY PRESETTABLE ATTENUATOR




B1117-C - SHEET 3 OF 7 - SCHEMATIC DIAGRAM

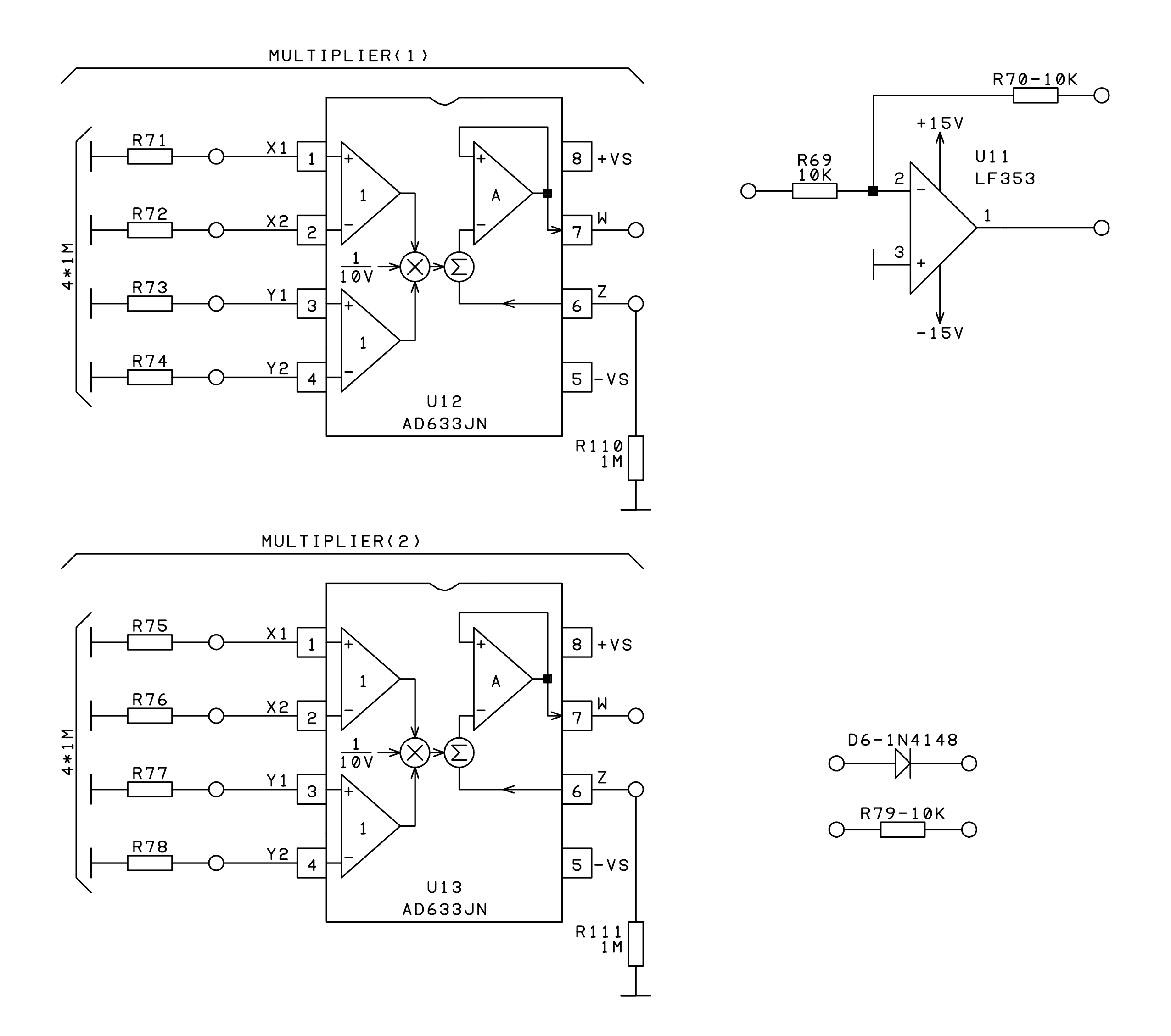
17C9F3



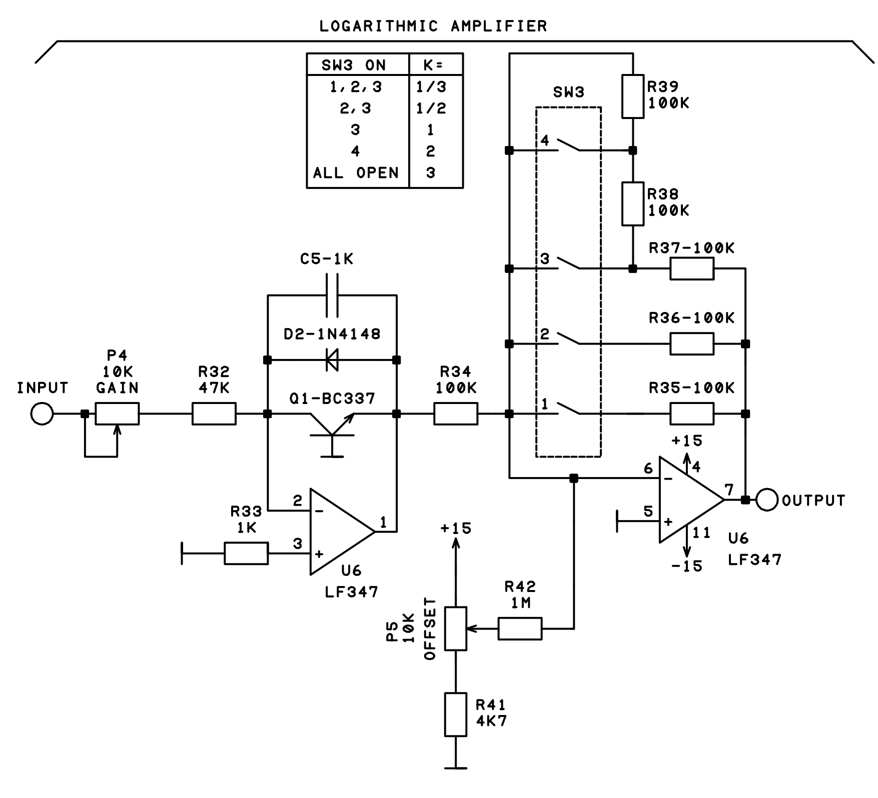

B1117-C - SHEET 4 OF 7 - SCHEMATIC DIAGRAM

17C9F4

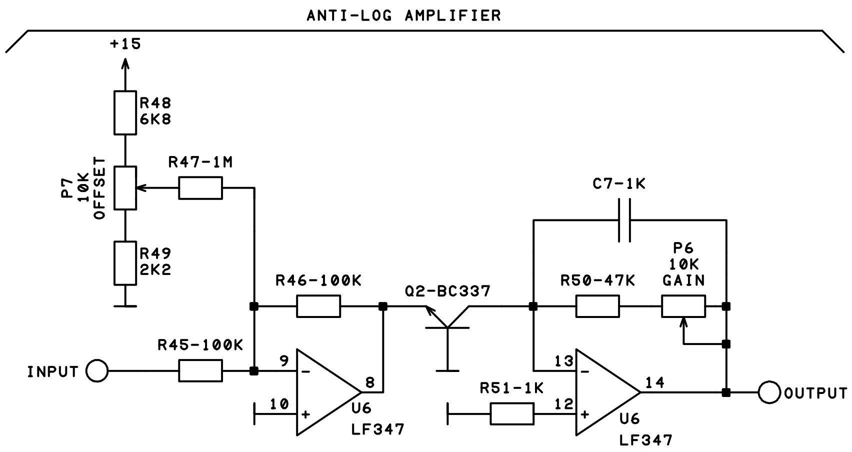


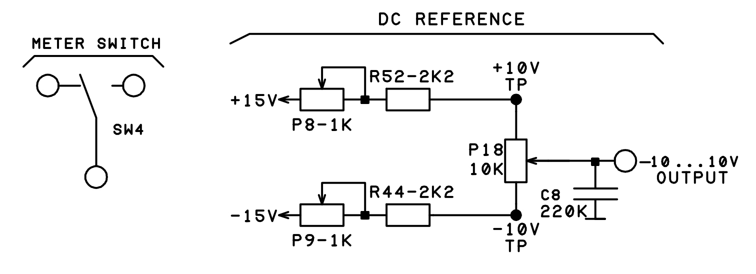

B1117-C - SHEET 5 OF 7 - SCHEMATIC DIAGRAM

17C9F5



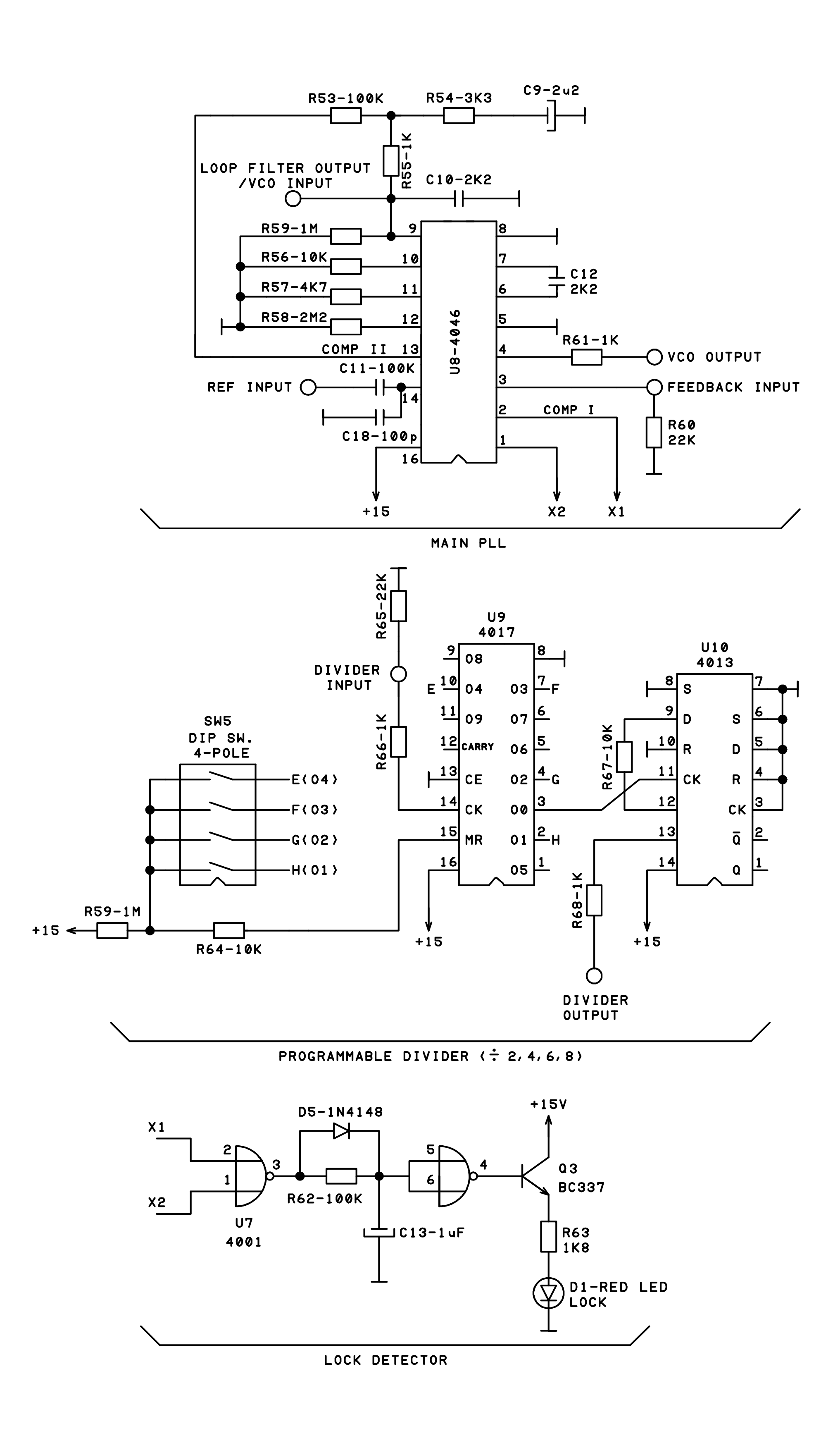

| SW3 ON | K= |
|---|---|
| 1,2,3 | 1/3 |
| 2,3 | 1/2 |
| 3 | 1 |
| 4 | 2 |
| ALL OPEN | 3 |




B1117-C - SHEET 6 OF 7 - SCHEMATIC DIAGRAM

17C9F6




B1117-C - SHEET 7 OF 7 - SCHEMATIC DIAGRAM

17C9F7